INFLUENCE DU RÉGIME ALIMENTAIRE

SUR LA

CROISSANCE ET LA STRUCTURE DU TUBE DIGESTIF

PAR

Pierre REVILLIOD

Avec la planche 15.

INTRODUCTION

La longueur de l'intestin chez les différentes espèces animales et ses rapports avec les dimensions du corps, ont fait l'objet de longues recherches de la part des anciens anatomistes.

Après avoir pratiqué des mesures sur des représentants de toutes les classes de Vertébrés et constaté qu'en général les animaux herbivores ont l'intestin plus long que les carnivores, ils ont conclu que le régime alimentaire avait une influence prépondérante sur la forme du tube digestif. Des auteurs plus récents, en se basant sur une méthode plus précise, ont démontré que d'autres facteurs avaient une action évidente sur l'intestin, par exemple l'espèce, l'âge, le sexe, les conditions d'existence, etc... Les travaux modernes sur cette question sont d'ordre expérimental. Ils ont pour but d'expliquer le mode d'action des aliments. Leur influence sur l'intestin est-elle mécanique ou chimique? Une nourriture purement végétale ou uniquement carnée a-t-elle sur l'intestin d'un animal omnivore une action qui puisse confirmer les observations de l'anatomie comparée? Autant de

questions qui sont résolues différemment par les expérimentateurs modernes.

Il est nécessaire de multiplier les expériences et de les étendre aux divers groupes de Vertébrés. Jusqu'à maintenant, les Batraciens et les Oiseaux ont été choisis de préférence comme sujets d'expériences.

Notre programme a donc été de soumettre un Mammifère omnivore à divers régimes composés soit d'aliments carnés, soit de végétaux, soit d'un aliment complet.

Nos expériences ont porté sur le Rat blanc. Cet animal dont la nourriture naturelle se compose d'aliments variés se reproduit très bien en captivité ; on peut se le procurer facilement, car il est le souffre-douleur habituel des laboratoires, c'est pour ces raisons que nous l'avons choisi. Avant de traiter de l'influence du régime nous consacrerons un chapitre à la morphologie de l'intestin du Rat normal et aux variations qu'elle subit sous l'action des facteurs étrangers au régime, soit l'âge, le sexe, etc...

Ce travail a été entrepris sur le conseil de M. le professeur E. Yung. Nous tenons à lui adresser nos sincères remerciements pour sa précieuse direction, pour l'intérêt qu'il n'a cessé de porter à nos recherches et pour l'amabilité avec laquelle il a mis à notre disposition tout le matériel que nécessitait un élevage compliqué.

HISTORIQUE

I. — Morphologie de l'intestin, ses relations avec le corps. Méthodes de mensuration.

Depuis longtemps les anatomistes se sont occupés des dimensions du tube digestif, ils ont établi dans leurs traités d'anatomie comparée de nombreuses listes de chiffres exprimant la longueur de l'intestin ainsi que son diamètre chez beaucoup de représentants des diverses classes de Vertébrés.

La longueur de l'intestin exprimée en chiffres absolus n'étant pas d'un grand intérêt, il fallait la mettre en rapport avec une dimension du corps; on choisit la longueur du corps prise de l'extrémité du museau à l'anus. Ce rapport est encore le plus employé maintenant, il se trouve dans tous les anciens traités, en particulier dans le tome IV des *Leçons d'anatomie comparée* de CUVIER. Cet auteur et les anatomistes de cette époque négligent de nous donner un précieux renseignement; ils n'indiquent pas si les chiffres se rapportant à un animal sont une moyenne d'un certain nombre de mesures prises sur plusieurs individus de la même espèce.

Or, comme le démontrera plus tard CRAMPE, il est très important d'indiquer le nombre exact des individus mesurés. Selon que le corps varie plus ou moins parmi les représentants d'une même espèce, il faudra établir la moyenne sur un plus ou moins grand nombre de mensurations. Il n'est même pas toujours possible d'établir une moyenne du rapport intestinal pour une espèce; dans l'espèce Chien par exemple la longueur du corps varie dans de trop grandes proportions.

Pour prouver l'importance qu'il y a à tenir compte du nombre d'individus mesurés, CRAMPE cite entre autres les chiffres suivants : Il a mesuré 46 Vengerons *(Leuciscus rutilus)*; la moyenne de la longueur relative de l'intestin de 1,15 lui a été donnée par 13 % des individus mesurés.

Long. rel. de l'int. de		1,20	donnée par	17, %	des individus	mes.
»	»	1,25	»	4,3 %	»	»
»	»	1,30	»	17,4 %	»	»
»	»	1,35	»	17,4 %	»	»
»	»	1,40	»	13 %	»	»
»	»	1,45	»	17,4 %	»	»

CRAMPE en conclut que le nombre d'individus mesurés n'est pas suffisant et qu'il faut continuer les mesures pour avoir une

moyenne satisfaisante exprimant réellement le rapport intestinal de l'espèce *Leuciscus rutilus*.

Nous prenons dans la liste des carnassiers de CUVIER, par exemple, les trois chiffres suivants :

Rapport de la longueur de l'intestin à la longueur du corps

chez le Chat domestique	1 : 5
chez le Chat sauvage	1 : 3
chez le Cougouar	1 : 3,5.

Ces chiffres sont très intéressants, mais leur valeur serait bien plus grande si l'on savait le nombre d'individus ayant servi à établir ces moyennes. Or, nous doutons que le nombre de Chats sauvages ou de Cougouars mesurés ait été aussi grand que celui des Chats domestiques ?

La méthode a donc une grande influence sur la valeur des déductions que les auteurs pourront tirer de leurs recherches.

Les résultats de MECKEL et ceux de Milne EDWARDS reposent sur le même genre de mesures que celles de CUVIER.

Les auteurs qui suivirent se sont efforcés d'obtenir plus de précision dans leurs mesures. Le genre de mesure variant avec chaque auteur, il faudra se garder de comparer leurs chiffres les uns avec les autres.

Avec Hugo CRAMPE, la méthode devient beaucoup plus précise et les données sur la longueur de l'intestin plus exactes.

Cet auteur a fait ses recherches sur des animaux communs que l'on peut se procurer facilement, tels que des Chiens, Chats, Souris, Pigeons, Moineaux, Vengerons, etc... appartenant aux diverses classes de Vertébrés. La moyenne obtenue pour chaque espèce repose sur une centaine de mesures au moins.

La longueur du corps est donnée par la longueur de la colonne vertébrale prise du trou occipital à l'anus. Pour obtenir une moyenne de l'espèce, CRAMPE opère comme suit : sur 100 Moineaux qu'il a mesurés, il trouve que la plupart ont un intestin variant de 22 à 23 centimètres de longueur et établit la moyenne

de 22,5, après avoir eu soin d'éliminer les individus qui s'écartaient trop de cette moyenne. La plupart des Moineaux avaient une colonne vertébrale longue de 7,7 centimètres, ce qui lui permet de diviser ces deux chiffres l'un par l'autre. Le quotient 2,9 représente le rapport intestinal moyen pour l'espèce Moineau.

Il a fixé de cette manière, pour un assez grand nombre d'espèces, un rapport exprimant la relation entre la longueur de l'intestin et celle du corps et que nous nommons, pour plus de commodité : *rapport intestinal.*

Les anatomistes de l'Homme n'ont pu se mettre d'accord sur la méthode à employer (voir BLOCH 7). La longueur de l'intestin fut rapportée à la longueur totale du corps, prise à partir du sommet de la tête ; c'est le rapport que nous trouvons dans les listes de CUVIER, SAPPEY, etc... Plus tard, on préféra s'en tenir à la longueur du tronc (vertex-coccyx).

Enfin, on imagina de réduire encore les causes d'erreur en mesurant la longueur du tronc à partir de la 7me vertèbre cervicale et jusqu'à la première coccygienne.

L'intestin est mesuré tantôt à l'état frais, tantôt après fixation par l'acide chromique ; la plupart des anatomistes le détachent du mésentère et le mesurent étendu hors de la cavité abdominale.

TARENETZKY (29) mesure l'intestin en place dans la cavité abdominale au moyen d'une ficelle appliquée sur la paroi de l'intestin du côté opposé au mésentère. La longueur du corps est prise du bout du museau ou du sommet de la tête au rebord de la première vertèbre du coccyx. Cette méthode élimine des causes d'erreur dues à l'inhabileté de l'expérimentateur, mais ne peut être appliquée qu'aux animaux d'une certaine taille. ROUDKOFF (27) l'a employée pour mesurer l'intestin des Chiens qu'il avait en expérience.

Les autres expérimentateurs ont employé le rapport intestinal simple. C'est en effet le seul qui put être mis à profit, par exem-

ple dans les expériences de YUNG (32) et de BABAK (1), sur des têtards de Grenouille.

HOUSSAY (16), SCHEPELMANN (28) soumettent des Poules et des Oies à différents régimes. La longueur du corps de ces Oiseaux n'a pas de signification; elle varie peu d'ailleurs, et ces auteurs se contentent de donner la longueur de l'intestin en chiffres absolus.

HOUSSAY calcule aussi le rapport de la longueur du tube digestif, prise à partir du jabot, au poids total du corps.

De même NOÉ (24), estimant que la longueur du corps est une mesure peu précise, préfère rapporter la longueur de l'intestin au poids de l'animal. LAPICQUE (24) lui faisant remarquer qu'il ne peut comparer une longueur avec un volume, NOÉ imagine de rapporter la longueur de l'intestin à la racine cubique du poids du corps.

En somme, ce que l'on cherche, c'est le rapport entre la surface digestive et absorbante du canal intestinal et la surface du corps que celui-ci alimente.

Quelques auteurs ont tenté d'évaluer la capacité de l'intestin. BENEKE (5) remplissait l'intestin d'eau. Cette mesure lui a confirmé les résultats qu'il avait obtenus en prenant le rapport des longueurs. CUSTOR (11) tentait d'insuffler de l'air dans l'intestin après avoir recouvert les parois extérieures de papier; ces recherches n'ont pas été poussées bien loin.

Nous voyons par ce qui précède que les recherches sur la longueur et la morphologie du tube digestif ont été nombreuses et que les méthodes de mensuration sont assez variées. Elles ont permis aux anatomistes de constater que la longueur de l'intestin était excessivement variable et semblait dépendre de divers facteurs plus ou moins importants. Ces facteurs sont : le régime, l'âge, la taille, l'espèce et le sexe.

Les auteurs se sont efforcés d'expliquer cette variabilité en faisant intervenir l'un ou l'autre de ces facteurs. Ce sont ces

théories que nous allons passer en revue dans les chapitres suivants.

II. — Influence du régime alimentaire.

Pour les anciens anatomistes, la forme du tube digestif dépend presqu'exclusivement du régime auquel est astreint l'animal.

Cuvier estime que les dimensions de l'intestin sont réglées par la nature des aliments composant la nourriture de l'animal. En effet, dit-il, « l'action du canal intestinal sur les substances alimentaires a d'autant plus d'effet qu'elle dure d'avantage et qu'elle s'exerce sur une plus grande surface, elle dépend donc de la longueur de ce canal, des inégalités de sa cavité, de ses étranglements et valvules ». (Cuvier, 12. p. 171).

La famille des Chauves-souris par exemple comprend des espèces végétariennes et des espèces carnivores. Ces dernières, les Noctules, ont un rapport intestinal très petit, soit de 2 : 1, tandis que les Roussettes, dont le régime, se composant principalement de fruits, est moins nutritif, ont un rapport variant de 6 à 7 : 1.

Il fait remarquer qu'en général l'intestin des Insectivores est court et que lorsqu'exceptionnellement il s'allonge, le diamètre se réduit, diminuant d'autant la surface ; la Taupe en serait un exemple.

Chez les Carnivores, on trouve réunies toutes les circonstances qui diminuent le séjour des matières alimentaires dans l'intestin : la longueur minime, le petit diamètre, le défaut de cæcum, de valvules ou d'inégalités dans la paroi.

Parmi les Rongeurs, les espèces vivant de graines possèdent le plus long cæcum (Campagnols, Hamster, Lemming). De même que Cuvier, Milne-Edwards (21) attribue à l'alimentation une action prépondérante sur l'intestin. Mais avant de montrer l'effet du régime, il fait remarquer que la longueur du tube digestif est en rapport avec le degré de perfection du travail digestif : que

chez les animaux inférieurs, chez lesquels les produits utiles du travail de digestion sont moins considérables et l'évacuation des résidus plus rapide, l'intestin est plus court. Milne EDWARDS prend comme exemple une série de Vertébrés ayant un même régime. Ainsi, le tube digestif de la Lamproie est plus court que le corps, celui des Poissons carnassiers forme déjà plusieurs courbures, celui des Reptiles carnassiers a 2 ou 3 fois la longueur du corps, et le rapport des Mammifères carnassiers varie de 3 à 5.

Pour démontrer l'influence du régime, Milne-EDWARDS cite le cas de la Grenouille qui possède à l'état de larve un long intestin et se nourrit de végétaux, tandis qu'à l'état adulte elle est carnivore et possède un intestin très court. Il montre ensuite, d'après ses nombreuses recherches, qu'en général, dans une même classe de Vertébrés, ceux qui se nourrissent de végétaux ont un intestin plus long que les carnivores ; le rapport de la Carpe est 2 tandis que celui du Brochet est de 1 seulement.

Le rapport des Tortues herbivores varie de 4, 5 à 6, tandis que celui des Lézards est de 2 ou 3.

L'intestin de l'Autruche est 9 fois plus long que le corps, celui de l'Aigle 2 ou 3 fois seulement. Mais c'est chez les Mammifères que la différence est la plus marquée, puisque le rapport intestinal, qui ne dépasse guère le chiffre de 5 chez les carnassiers en général, peut monter jusqu'à 28 chez les herbivores, comme c'est le cas chez le Mouton.

Bien que CRAMPE se soit surtout appliqué à démontrer l'importance de l'espèce dans cette question, il ne nie pas l'influence du régime. Se basant sur quelques observations isolées faites sur des Chats, il estime que l'action de la nourriture sur le canal intestinal est due à la forme de celle-ci plutôt qu'à sa composition chimique.

CUSTOR admet aussi qu'une nourriture peu substantielle allonge l'intestin. Il a mesuré l'intestin d'enfants de classes pau-

vres, obligés de prendre des aliments peu nutritifs, et il estime que la longueur de cet organe, relativement grande chez ces sujets, provenait précisément d'un mauvais régime. Les mesures de LUCKSCH-CZERNOWITZ (18) confirment l'opinion de CUSTOR. Cet auteur a pratiqué un grand nombre de mensurations d'intestins sur des cadavres de paysans de la Buchovine. Il décrit le genre de vie de ces campagnards qui se nourrissent presqu'uniquement de végétaux (farine, polenta, légumes), ne consommant de la viande qu'une ou deux fois l'an. Le rapport intestinal était supérieur à la moyenne normale. LUCKSCH attribue cet allongement à la qualité de la nourriture et pense que cette adaptation de l'intestin peut s'hériter, car l'intestin des nouveau-nés était relativement long.

Le même raisonnement peut s'appliquer aux animaux domestiques. LANDOIS (17) a pratiqué comparativement des mesures sur des Loups et des Chiens et il a trouvé que le rapport intestinal était en moyenne de 4 pour le Loup et de 5 à 6 pour le Chien. Ce rapport plus élevé montre l'influence d'une nourriture mixte sur le tube digestif d'un animal primitivement carnivore. CUVIER avait d'ailleurs déjà attiré l'attention sur la différence que présentent les rapports intestinaux d'animaux sauvages et domestiques d'une même espèce. Il citait celui du Sanglier s'élevant à 9, et celui du Porc domestique à 13,5.

La première tentative de vérifier par l'expérimentation les faits avancés par l'anatomie comparée sur l'action de la nourriture est due à M. ROUDKOFF (27). 16 jeunes Chiens issus de deux femelles furent divisés en 4 groupes nourris respectivement de viande, de lait, d'un régime mixte et de végétaux, ces aliments étant servis sous forme de bouillie. Les 2 Chiennes étaient de même race, et les petits en furent séparés après 11 jours. L'influence de la race et de l'âge était ainsi la même pour tous les jeunes Chiens. L'expérience fut fatale aux Chiens végétariens nourris de pain, riz, pommes de terre et de farine d'avoine, tan-

dis que les Chiens carnivores et ceux qui ne recevaient que du lait, supportèrent parfaitement leurs régimes. Ce sont les carnivores qui présentèrent l'intestin le plus court. ensuite venaient les Chiens soumis au régime lacté, puis ceux soumis au régime mixte, et enfin les végétariens.

Ces expériences ont donc confirmé les théories des anatomistes; elles ont montré que l'allongement se portait aussi bien sur l'intestin grêle que sur le gros, mais sans influencer le cæcum. Le plus souvent le diamètre a diminué lorsque la longueur augmentait. L'intestin des Chiens carnivores a subi une plus grande réduction que celui des Chiens nourris au lait. ROUDKOFF attribue cela au fait que le lait a provoqué des diarrhées chez les jeunes Chiens.

Cet auteur a constaté aussi des variations dans la forme de l'estomac. Les parois étaient très épaisses chez les Chiens carnivores et végétariens, tandis qu'elles étaient très minces chez les Chiens nourris au lait; c'est le résultat de l'action d'un aliment qui se laisse facilement digérer, provoquant le minimum de contractions musculaires.

Ce que l'on peut reprocher à ROUDKOFF, c'est d'avoir utilisé des animaux carnivores, qui sont naturellement aptes à digérer plus facilement des aliments carnés.

Les expériences de YUNG et BABAK, dont nous allons parler, ont plus de valeur parce qu'elles portent sur des larves de Grenouilles, animaux omnivores.

YUNG (33) établit 3 régimes différents: un régime végétarien composé d'Algues et de feuilles de Laitue, un régime purement carné composé de viande de Bœuf, Veau et d'Anodontes et un troisième régime mixte.

Trois lots de 100 Têtards chacun, furent soumis à ces régimes.

Quinze jours après le commencement des expériences, les larves carnivores étaient déjà plus grosses que les autres et leur intestin plus court.

Au 73e jour les rapports intestinaux étaient en moyenne de 6,90 chez les larves végétariennes, de 4,90 chez les larves carnivores et de 7,40 chez les omnivores. Les larves carnivores avaient réduit la longueur de leur tube digestif d'une façon sensible, tandis que les larves nourries de végétaux n'avaient pas allongé leur intestin autant que les larves omnivores très bien nourries mais ingurgitant une grande masse de limon.

YUNG admet que la longueur de l'intestin est en relation avec son activité mécanique et la quantité d'aliments qu'il renferme.

Pour démontrer l'action mécanique prédominante des aliments, l'auteur cite un certain nombre d'observations et d'expériences : L'intestin se raccourcit toutes les fois qu'il ne fonctionne plus, chez la Grenouille par exemple, pendant le jeûne hibernal, pendant le jeûne expérimental ou bien encore durant le jeûne accompagnant les métamorphoses. Or, YUNG démontre que l'action du jeûne expérimental peut être arrêtée par l'introduction d'une substance indigeste mais occupant une certaine place dans l'intestin, par exemple du papier à filtrer.

L'action mécanique d'une grande masse d'aliments dans l'intestin est encore prouvée par les mesures que l'auteur a faites sur des Têtards géants. Ces larves possèdent un intestin relativement très grand ; c'est le résultat de l'action mécanique de la quantité de matières végétales et minérales qu'elles avalent.

Dans une première publication (1), BABAK rend compte d'expériences qu'il a faites sur des Têtards de Grenouilles. Il a établi les trois mêmes séries que YUNG, mais leurs résultats diffèrent en un point : les Têtards végétariens ont un intestin plus long que les omnivores.

Cet auteur estime aussi que la grande quantité de nourriture avalée par les larves végétariennes peut avoir une influence excitatrice sur les parois intestinales ; la cellulose ou la corne activent les mouvements peristaltiques. D'autre part l'influence de la nourriture pourrait être aussi d'ordre chimique,

étant donné la variété des proteïnes et des hydrates de carbone composant les substances végétales et animales.

Ces hypothèses ont amnené BABAK à une série de nouvelles recherches (2). Il s'agissait cette fois de nourrir les Têtards de telle manière que l'on puisse discerner l'importance relative des excitations mécanique et chimique des aliments.

Une première série de Têtards reçut comme nourriture un mélange de viande de Grenouille et de cellulose. Pour avoir une quantité de viande suffisante, ces Têtards étaient contraints d'avaler une grande masse de cellulose. La moyenne de leurs rapports fut de 6,4 tandis que celle des Têtards du lot témoin nourris à la viande de Grenouille n'atteignait que 6,0.

Dans une seconde expérience, on ajouta à une petite quantité de viande, une grande masse de poudre de verre. Les Têtards de ce lot accusèrent un léger allongement de l'intestin.

BABAK fait remarquer que la différence entre les rapports des Têtards carnivores et des Têtards de ces 2 dernières expériences est loin d'égaler le grand écart de 4,4 à 7 et de 6 à 8,6 qu'il avait trouvé précédemment entre les Têtards carnivores et herbivores. Il en déduit que dans l'aliment complexe formé par les Algues et les feuilles de Choux, l'action mécanique de la cellulose n'entre pas seule en jeu, et qu'il doit y avoir une action chimique.

Un lot de Têtards fut alors soumis à un régime composé de viande mélangée à de la keratine broyée. La moyenne de leurs rapports fut de 7, celle du lot témoin de 6.

Une 2me série reçut de la viande mêlée à une certaine quantité de proteïne végétale pure (préparée chez GRÜBLER). L'écart de leurs rapports avec ceux du lot témoin fut encore plus grand soit de 7,2 à 6.

Pour un 3me lot, on ajouta à la viande un excès de sels, comme c'est le cas dans la nourriture végétale. Les rapports furent 6 à 6,9.

D'autre part, l'allongement ne se produisit pas chez des Têtards nourris de viande mêlée à un excès d'hydrates de C. L'action chimique de la protéine végétale et des sels en excès eut un résultat plus manifeste sur l'allongement de l'intestin que les matières indigestes mêlées à la viande.

La réaction si précise que présentait l'intestin du Têtard sous l'influence de ces substances, engagea BABAK à multiplier les expériences pour mieux définir l'action chimique des aliments.

Un lot de 1000 Têtards fut distribué en 6 parts, nourries respectivement avec de la viande de Grenouille, de Poisson *(Rhodeus amarus)*, de Cheval, de Mollusque *(Anodonta)*, d'Ecrevisse et avec de la protéine végétale pure.

Les rapports intestinaux moyens des Têtards nourris avec de la viande de Vertébrés ne s'écartèrent pas beaucoup les uns des autres. Par contre l'on trouva de grands écarts parmis ceux qui furent nourris de viande d'Invertébrés. Les Têtards nourris de viande de Mollusque présentèrent le rapport intestinal le plus petit, tandis que les muscles de l'Ecrevisse produisirent l'effet contraire, allongeant l'intestin presque autant qu'une nourriture végétale.

Dans sa dernière publication (3) résumant les expériences précédentes, BABAK y ajoute de nouvelles données sur l'action des albuminoïdes. Les protéines végétales telles que la vitelline, la conglutine et la légumine eurent toutes pour effet d'allonger l'intestin. L'asparagine mêlée à la viande a eu de même un retentissement sur l'allongement de l'intestin, ainsi que la proportion exagérée des sels de calcium. Le diamètre de l'intestin se réduisit sous l'influence d'une nourriture végétale naturelle, et augmenta sous l'action de la viande. Mais il est curieux de constater que les sels de calcium, ainsi que la protéine végétale pure, contribuèrent à réduire le diamètre tandis que l'action mécanique d'une grosse masse de cellulose l'augmentait.

Il nous reste deux travaux expérimentaux à mentionner avant de clore ce chapitre.

SCHEPELMANN (28) a étudié chez l'Oie l'action des aliments sur tous les organes. De ce travail, nous mentionnerons les données suivantes relatives à notre sujet. SCHEPELMANN n'a utilisé que 6 Oiseaux en tout. Il les a divisés en 3 lots : 2 Oies étaient nourries avec une bouillie de viande hachée mêlée à une petite quantité de céréales et de sel, la quantité de viande fut peu à peu augmentée jusqu'à la proportion de 87 $^0/_0$. Deux autres reçurent une bouillie végétale formée de seigle, froment et maïs, tandis que les deux dernières recevaient des céréales en graines non broyées.

L'expérience ne dura que huit mois, mais il se produisit des variations évidentes sous l'influence de ces divers régimes. Contre toute attente, l'intestin des Oies carnivores s'est allongé, tandis que celui des Oies nourries aux grains était le plus court. De plus, le diamètre de l'intestin s'est accru chez les Oies carnivores, tandis qu'il était beaucoup plus petit chez les Oies du 3me lot.

Donc, contrairement à ce que nous avons vu précédemment, la surface digestive s'est accrue chez des animaux soumis à un régime carné. Dans toute la littérature nous n'avons que deux observations donnant ce même résultat, ce sont les Têtards nourris de la chair d'Ecrevisse et une expérience isolée citée par CRAMPE, au cours de laquelle, deux Chats nourris de viande de Cheval auraient allongé leurs intestins.

L'augmentation de la surface intestinale chez les Oies carnivores a porté principalement sur l'intestin grêle. On ne peut faire intervenir l'action mécanique pour expliquer ce phénomène. Voici du reste les quantités totales de nourriture absorbées pendant la durée des expériences : 108,9 kilogr. pour les deux Oies carnivores, 121 pour les Oies du 2me lot et 110 pour les Oies du 3me lot. Le cæcum des Oies végétariennes était plus grand que celui des Oies carnivores.

SCHEPELMANN pense que les Oies carnivores continuent par

habitude d'avaler une grande quantité d'aliments, bien que la viande soit plus riche en matières albuminoïdes que les graines et il suppose que, par l'effet de cet excès de viande, la surface digestive s'agrandit.

WEISS (30) qui nourrit 2 Canards avec du blé et du maïs et 2 autres avec de la viande de Cheval, constata un grand développement du ventricule succenturié chez ces derniers. Il ne nous dit rien sur la longueur de l'intestin, mais remarqua que les villosités intestinales étaient beaucoup plus longues chez les Canards carnivores que chez les autres.

Enfin HOUSSAY, dans sa magistrale étude sur six générations de Poules carnivores (16), a fait un certain nombre d'observations sur le tube digestif.

Cet auteur a expérimenté sur plus de 20 Poules nourries exclusivement avec de la viande, appartenant à 6 générations consécutives.

L'intestin, le cæcum, le gésier et le jabot ont réduit leurs dimensions sous l'effet de ce régime purement carné.

Cette réduction s'est accentuée jusqu'à la troisième génération, pour ensuite regresser légèrement. Les Poules des premières générations ont bien supporté leur régime et augmenté de poids.

La diminution du cæcum et surtout celle du jabot a été plus accentuées que celle de l'intestin.

III. — INFLUENCE DE L'AGE ET DE LA TAILLE.

Tout en ne méconnaissant pas l'influence du régime, beaucoup d'auteurs se sont demandé si l'âge et la taille n'avaient pas une action aussi puissante, si ce n'est plus, sur la morphologie de l'intestin.

Ce sont les recherches sur l'Homme qui nous fournissent le plus d'indications à ce sujet.

Le rapport de l'intestin grêle à la longueur du corps, selon

BENEKE (6), est de 570 : 100 chez les nouveau-nés. Il atteint son maximum à l'âge de 2 ans, soit 660 : 100, puis redescend à 510 : 100 à l'âge de 5 ans pour se maintenir à 450 : 100 chez les adultes.

La capacité relative de l'intestin est également beaucoup plus grande chez les nouveau-nés et les enfants jusqu'à l'âge de 12 ans que chez les adultes.

L'accroissement du rapport intestinal avec l'âge forme une sorte de courbe à un sommet ; celui-ci coïncide avec la deuxième année.

Nous obtenons le même résultat en consultant les statistiques de TARENETZKY. Cet auteur étend ses recherches à l'embryon et distingue les cinq périodes suivantes :

1° Embryons jusqu'à la fin du cinquième mois dont le rapport moyen est 4,2 ;

2° Embryons de 5 mois à la naissance dont le rapport moyen est 5,9 ;

3° Enfants de la naissance à l'âge de 1 an dont le rapport moyen est 6,6 ;

4° Enfants de 1 à 16 ans dont le rapport moyen est 7,6.

5° Adultes dont le rapport moyen est 7,2.

Nous ajouterons que cette statistique repose sur 26 mesures d'embryons et 49 d'enfants et adultes ce qui est évidemment insuffisant pour établir une classification aussi nette.

Les mesures de ROBINSON (25) et de ROLLSSEN (26) démontrent aussi que l'intestin de l'enfant est proportionnellement plus long que celui de l'adulte. Les anatomistes de l'Homme sont donc d'accord sur la variation du rapport intestinal avec l'âge. MÜHLMANN a calculé le rapport du poids de l'intestin au poids du corps et constaté que ce rapport ne variait pas avec l'âge. Il estime que chez les vieillards le corps et l'intestin diminuent de poids dans les mêmes proportions.

Il serait important d'avoir des statistiques aussi précises sur les animaux, car à en juger d'après les mesures prises sur

l'homme, l'âge est un facteur qu'il faut connaître exactement avant de commencer des expériences sur l'influence du régime.

YUNG et BABAK sont les seuls auteurs qui aient recherché avec méthode les variations du rapport intestinal en raison de l'âge.

La longueur relative de l'intestin de la Grenouille varie beaucoup pendant le cours de son développement. L'histoire de la croissance de l'intestin de *Rana esculenta* peut se résumer ainsi d'après YUNG.

Pendant les 50 premiers jours qui suivent l'éclosion, le rapport intestinal grandit régulièrement; puis apparaissent les membres postérieurs pendant la croissance desquels, les Têtards mangent peu ou pas du tout, ce qui provoque une réduction de l'intestin. Pendant la période suivante qui précède l'apparition des pattes antérieures, les Têtards mangent de nouveau avec grand appétit, de sorte que durant dix jours l'intestin s'allonge de nouveau ; les Têtards sont âgés d'environ 80 jours à ce moment. La réduction s'accélère ensuite, l'appétit s'apaise de nouveau, le rapport atteint son minimum et restera constant durant le cours de la vie de la Grenouille, offrant cependant des variations saisonnières. YUNG a remarqué en effet que les Grenouilles affamées du printemps ont un intestin plus court que celles qui ont passé l'été et qu'il a mesurées en automne (34 et 35).

Chez les Grenouilles adultes, la taille ne serait pas non plus sans influence. En effet, 20 *Rana esculenta* ♀ dont la taille varie de 50 à 60^{mm}, ont un rapport intestinal moyen de 3,53, tandis que celui de 20 *Rana esculenta* ♀ mesurant 70 à 80^{mm}, est de 3.89. D'autres exemples encore démontrent que chez les individus de grande taille l'intestin est relativement plus long que chez les individus de petite taille (34,35).

La taille ou tout au moins la forme du corps aurait une influence notoire sur la longueur de l'intestin chez les Insectes, selon WERNER (31).

Parmi les Insectes, l'ordre des Orthoptères comprend des familles dont le genre de vie et le régime sont très différents. La plupart des Locustides dévorent d'autres Insectes, tandis que les Acridiens et les Gryllodiens en général se nourrissent de végétaux.

WERNER a recherché si le régime avait une influence sur l'intestin de ces divers Orthoptères. Or, il a trouvé que ceux qui possèdent l'intestin le plus court sont précisément les Acridiens, et que les Ephippigères, les Barbitistes, les Phaneroptères, Insectes carnassiers, ont un intestin très long.

Renonçant à attribuer au régime alimentaire une influence prépondérante, WERNER estime que la longueur de l'intestin des Orthoptères carnivores est due à la forme ramassée de leurs corps, et que les Orthoptères herbivores qui possèdent un intestin court ont un corps allongé comme les Sauterelles et les Mantes.

BABAK a obtenu le même résultat que YUNG sans cependant avoir observé cette recrudescence de l'intestin précédant l'apparition des membres antérieurs. Y aurait-il là une différence relative à l'espèce, BABAK employant pour ses expériences des Têtards de *Rana fusca,* tandis que YUNG expérimente sur des larves de *Rana esculenta?* On pourrait le supposer. Cette remarque nous amène à parler des auteurs qui ont recherché si à chaque espèce correspondait un rapport intestinal caractéristique.

IV. — INFLUENCE DE L'ESPÈCE.

D'après les moyennes de CUVIER, on peut conclure qu'à chaque espèce correspond un rapport intestinal déterminé. Le rapport de la Souris, par exemple, est de 6,3 celui du Rat, 6, celui du Campagnol 5,9 celui du Surmulot 8, etc... Mais nous ne pouvons pas tirer de conclusions, le nombre d'animaux sacrifiés pour chaque espèce n'étant pas indiqué.

Nous avons vu que Milne EDWARDS attribuait aux espèces

inférieures dont l'organisme est moins perfectionné, un intestin moins développé; cependant, cet auteur admet que l'influence du régime est beaucoup plus grande.

C'est CRAMPE qui, le premier, a essayé de déterminer le rapport intestinal caractéristique pour un certain nombre d'espèces, en se basant sur un nombre suffisant de mensurations. Se procurant un grand nombre d'individus d'une même espèce, éliminant ceux qui s'éloignent trop de la moyenne, CRAMPE obtient facilement un rapport caractéristique pour l'espèce. Ce chiffre revient souvent dans les mesures; il échappe à l'influence de la taille, du sexe et même des conditions d'existence.

Il a établi, par exemple, le rapport intestinal de l'espèce Pigeon. Ce chiffre exprime aussi bien la longueur relative de l'intestin du Pigeon voyageur que celle du Pigeon domestique dont le genre de vie est bien différent.

Le rapport du Moineau, basé sur des individus habitant la ville, est de 2,9 et calculé chez des Moineaux pris à la campagne, il est de 2,8. Les conditions d'existence, le régime différent, n'ont pas, semble-t-il, exercé d'influence sur le rapport intestinal.

CRAMPE place donc le facteur espèce au-dessus de tous les autres. Des mesures qu'il a prises sur la Perche, il conclut que la taille n'a pas d'action sur le rapport intestinal.

YUNG a de même démontré, par un nombre suffisant de mesures, que *Rana esculenta* et *Rana fusca* avaient chacune leur rapport intestinal propre et que, dans les expériences sur leurs Têtards, il fallait tenir compte de ce facteur espèce. En effet, tandis que 20 ♂ de *R. esculenta* dont la taille est comprise entre 50 et 60^{mm} ont un rapport de 2,78 et 20 autres, de 60 à 70^{mm} de grandeur, un rapport de 2,95, le rapport de 20 mâles de *Rana fusca* de 50 à 60^{mm} de longueur est de 1,65 et celui de 20 autres mâles de 60 et 70^{mm} de taille est de 1,95 (34 et 35).

Quant à l'espèce humaine, nous ne voulons rien conclure.

D'après les statistiques que cite BLOCH (7), les Japonais auraient un intestin grêle relativement plus long que les Européens et, parmi ceux-ci, c'est l'Allemand dont le rapport serait le plus élevé. Mais, comme nous l'avons dit dans le premier chapitre, il faut se garder de comparer les chiffres de différents auteurs, surtout lorsque ceux-ci travaillent avec des méthodes différentes et sur un matériel relativement restreint.

V. — INFLUENCE DU SEXE.

Les résultats des mesures faites sur l'Homme sont contradictoires: tandis que ROBINSON (25) et ROLSSENN admettent que l'intestin de l'Homme est relativement plus long que celui de la Femme, TRÈVES (d'apres Bloch 7) arrive à la conclusion inverse. LUCKSCH, CRAMPE et d'autres auteurs estiment qu'il n'y a pas de différence sexuelle appréciable.

La seule recherche statistique à ce sujet, chez les animaux, est celle de YUNG (34,35).

Soit chez la Grenouille verte, soit chez la Grenouille rousse, les mâles ont toujours présenté un rapport intestinal plus petit que les femelles. En général les mâles sont plus petits que les femelles, mais à égalité de taille la différence sexuelle subsiste; en effet, 20 femelles de 50 à 60^{mm} de taille ont un rapport moyen de 3,53 et 20 mâles de même grandeur ont un rapport de 2,78. Dans un autre lot de Grenouilles vertes prises en automne, les mâles étaient légèrement plus grands, ce qui n'a pas empêché la différence sexuelle de subsister en faveur des femelles.

Ces recherches de YUNG ne laissent aucun doute sur l'influence du sexe sur le rapport intestinal, mais il est regrettable que nous ne possédions pas des statistiques prises sur d'autres espèces. Nous sommes heureux de pouvoir confirmer les résultats de YUNG, en ce qui concerne le Rat.

VI. — Résumé.

En résumé, nous constatons que l'intestin est un organe sujet à de grandes variations, mais que cependant l'on peut arriver à fixer pour chaque espèce une longueur moyenne d'intestin en rapport avec la taille, en ayant soin toutefois de baser cette moyenne sur un grand nombre de mesures.

Nous avons vu que pendant la croissance du corps, l'intestin s'accroît souvent d'une manière irrégulière. On comprendra qu'il en est de même du rapport intestinal qui atteint un maximum à un certain moment pour régresser ensuite.

Le facteur âge est donc de première importance. Dans la recherche d'un rapport moyen pour une espèce, il ne faudra employer que des individus adultes. Enfin, il y a lieu de tenir compte aussi du sexe qui ne serait pas non plus sans influence.

Le rapport intestinal étant fixé pour chaque espèce, on peut grouper celles-ci d'après la longueur relative de l'intestin, lequel, en général, est plus développé chez les espèces herbivores que chez les carnivores.

Les auteurs modernes ont recours à l'expérimentation pour vérifier les observations précédentes et pour étudier le mode d'action des différents aliments sur le tube digestif.

Les expériences faites sur les larves de Grenouilles démontrent qu'un aliment contenant une grande proportion de matières indigestes allonge dans une certaine mesure l'intestin, dont les dimensions peuvent aussi être modifiées par la nature chimique de cet aliment.

Des substances végétales, selon Babak, allongent l'intestin des Têtards non seulement par l'action mécanique de la masse de cellulose qu'elles contiennent, mais aussi par l'action chimique de leurs protéines végétales.

Les conclusions que l'on peut tirer de ces recherches ne sont pas susceptibles de s'appliquer à l'ensemble des Vertébrés, la

structure de l'intestin des Têtards étant trop différente de celle du tube digestif des Oiseaux et des Mammifères.

Les expériences qui ont été faites sur les Mammifères et les Oiseaux ont donné des résultats contradictoires. Tandis que sous l'influence du régime carné, l'intestin et les cæcums des Poules étudiées par HOUSSAY étaient réduits, ces mêmes organes augmentaient chez les Oies des expériences de SCHEPELMANN. L'adaptation fonctionnelle de l'intestin au régime ne semble donc pas se faire aussi simplement que les observations de l'anatomie comparée le faisaient prévoir.

Ce n'est qu'en multipliant les expériences sur les Vertébrés supérieurs que l'on arrivera à préciser l'action du régime sur l'intestin et son importance par rapport aux autres facteurs.

RECHERCHES PERSONNELLES

I. — CHOIX DU MATÉRIEL. — MÉTHODE DE MENSURATION. — PLAN DES EXPÉRIENCES.

Les Mammifères réellement omnivores sont fort peu nombreux. Ils sont du reste si bien adaptés à leur régime mixte, et leur tube digestif est si hautement différencié, qu'ils ne subissent qu'avec peine un régime composé d'un seul genre d'aliments. Il est donc plus difficile d'expérimenter sur un Mammifère omnivore que sur un Batracien omnivore, comme le Têtard de Grenouille par exemple.

Le choix du Rat nous a paru particulièrement indiqué pour nos expériences, parce que c'est un animal pratiquement omnivore, capable de supporter, même dans la nature, un régime unique.

Nos expériences ont porté sur le Rat blanc, mais des mesures ont été prises aussi sur l'espèce sauvage qui habite notre contrée le *Mus rattus* L.

La longueur du corps était prise, l'animal étant étendu sur

le dos, de l'extrémité du museau à l'anus. L'intestin, soigneusement détaché du mésentère, était mesuré du pylore à la valvule ileo-cæcale (valvule de BAUHIN) et de celle-ci à l'anus.

Nous n'avons pas compris dans la longueur totale de l'intestin la longueur du cæcum. Les dimensions de cet organe ont été indiquées à part.

Nous avons mentionné, dans la partie historique de ce travail, les nombreuses méthodes que l'on a proposées pour mesurer les dimensions du corps et celles de l'intestin et pour les comparer les unes aux autres. Le rapport de la longueur du corps à celle de l'intestin nous a semblé le plus indiqué pour nos recherches. Nous avons, en effet, affaire à des animaux d'une même espèce, dont la longueur du corps ne varie que de deux ou trois centimètres et dont la forme est assez massive ; la distance de l'extrémité du museau à l'anus indique donc exactement et le plus simplement la taille véritable de l'animal.

Nous donnerons cependant, à titre de comparaison, le rapport du poids du corps à la longueur de l'intestin. Le rapport de la longueur du corps à celle de l'intestin grêle et celui du gros intestin à la longueur intestinale totale nous seront aussi utiles pour la discussion des résultats.

Avant d'examiner l'influence du régime, nous consacrerons un chapitre aux rapports dont nous avons parlé ainsi qu'à leurs variations à l'état normal.

La description anatomique de l'intestin du Rat se trouvant dans la monographie de Martin BAUMGART (4), nous n'y reviendrons pas. Les villosités intestinales, cependant, nous arrêteront quelques instants. La question de la forme de ces appendices et de l'influence du régime sur celle-ci est de nouveau à l'ordre du jour.

Ensuite, nous examinerons l'influence de l'âge sur les rapports que nous aurons établis pour le Rat adulte, étudiant l'accroissement de l'intestin et la transformation des villosités pendant

la jeunesse. Ayant ainsi passé en revue toutes les causes qui peuvent agir sur la morphologie de l'intestin en dehors du régime et fixé le rapport intestinal pour l'espèce, nous aborderons le chapitre de l'influence des aliments.

Un premier lot de 12 Rats fut divisé en deux parts : trois couples étaient soumis au régime végétarien et trois au régime carné. Plus tard, leur progéniture faisant défaut ou ne se reproduisant pas assez rapidement, plusieurs nouveaux couples furent soumis à chacun de ces deux régimes. De sorte que nos observations ont porté sur 33 Rats carnivores et 34 Rats herbivores.

Une troisième série d'expériences fut installée plus tard ; il s'agissait de trouver un régime meilleur que les deux précédents, formé d'un aliment complet. Le lait était tout indiqué. Un couple fut soumis à ce régime dès l'âge de un mois. De ce couple sont issus 9 petits, tous nourris de lait exclusivement. Il en fut de même de 3 individus d'une troisième génération.

Le régime carné fut composé uniquement de viande de Cheval crue ou quelquefois surprise dans l'eau bouillante quand elle n'était pas assez fraîche. Le régime végétarien se composait, au commencement des expériences, de légumes divers, de graines et d'un peu de pain ; mais, plus tard, des pommes de terre, des carottes et des salades constituèrent tout le repas des Rats herbivores.

II. — Le Rat normal.

A. — *Adulte. Morphologie de l'intestin, ses variations chez l'adulte.*

Dans le Tableau n° 1 (p. 266), nous présentons les mesures prises sur une cinquantaine de Rats capturés en divers lieux de la ville de Genève (écuries, granges, appartements) ; quelques-uns sont des Rats blancs élevés dans des laboratoires.

La provenance a toujours été indiquée, car elle a son intérêt : nous constatons, par exemple, que les individus du n° 23 au

n° 34, sauf le 30me, capturés dans une même écurie, ont presque tous un intestin très développé, tandis que les n° 39 à 45, habitants d'une même grange, possèdent, un seul excepté, un rapport intestinal bien au-dessous de la moyenne. Les Rats demeurent volontiers longtemps sous le même toit, c'est ainsi que des familles entières, vivant toujours dans les mêmes conditions, forment à la longue des variétés locales.

Fatio[1] raconte avoir observé une variété temporaire de Rats noirs, dont il captura des représentants pendant plusieurs années dans une ferme et qui portaient une mèche de poils blancs sur le front. Nous pouvons admettre de même qu'un caractère anatomique tel que la longueur du tube digestif, peut aussi atteindre une certaine uniformité dans ces conditions. Il faut donc se procurer un nombre suffisant d'individus, de *provenances variées,* avant de fixer un rapport intestinal moyen pour l'espèce.

Dans le Tableau n° 1, la majorité des rapports se groupent assez bien autour du chiffre 6. Nous avions calculé la moyenne des 16 premiers rapports, qui était de 6,005 ; au 30me rapport, nous trouvons la moyenne 6,14, et au 51me, elle est de 5.95.

Nous pouvons bien fixer le chiffre 6 comme moyenne du rapport intestinal du *Mus rattus.* C'est le chiffre indiqué dans les tables de Cuvier.

Enfin, si l'on retranche, dans notre liste, les numéros 32, 33, 36, 41, 42 et 43, dont la longueur du corps est inférieure à 16 centimètres, et qui, par conséquent, n'ont pas encore terminé leur croissance, et les numéros 46, 48 et 49, qui sont de vieux Rats trop bien nourris et dont l'existence s'est écoulée dans une cage, il reste 42 individus dont la longueur du corps varie de 16 à 20 centimètres; la moyenne de leurs rapports se trouve être de 6,009. C'est donc encore une preuve que le chiffre 6 est la moyenne idéale pour l'espèce Rat.

[1] Victor Fatio, *Faune des Vertébrés de la Suisse,* volume I, Mammifères.

TABLEAU N° 1 — Rat normal adulte.

				Longueur du corps.	Longueur de l'intestin grêle.	Longueur du gros intestin.	Longueur totale de l'intestin.	Rapport de la longueur du corps à la longueur totale de l'intestin.	Poids du corps.	Rapport de la longueur du corps à la longueur de l'intestin grêle.	Rapport de la longueur du gros int. à la longueur totale de l'intestin.	Rapport du poids du corps à la longueur totale de l'intestin.	Poids du foie.	Longueur de l'œsophage.
				mm.	mm.	mm.	mm.		gr.				gr.	mm.
1.	Rat blanc	♂	élevage du labor.	184	—	—	1116	6,06	—	—	—	—	—	116
2.	id.	♂	id.	188	—	—	1158	6,15	—	—	—	—	—	118
3.	id.	♂	id.	191	—	—	1092	5,71	—	—	—	—	7,2	126
4.	Mus rattus	♂	écurie	179	—	—	1020	5,69	—	—	—	—	4,16	110
5.	id.	♀	appartement	181	—	—	1240	6,85	—	—	—	—	—	112
6.	id.	♀	id.	175	—	—	950	5,42	138	—	—	6,88	8,67	113
7.	id.	♂	id.	180	—	—	968	5,37	150	—	—	6,45	6,34	110
8.	id.	♀	id.	173	—	—	1080	6,24	127	—	—	8,50	8,83	120
9.	id.	♀	id.	190	—	—	1312	6,90	173	—	—	7,58	12,75	122
10.	id.	♂	id.	171	—	—	1273	7,44	130	—	—	9,79	7,31	114
11.	id.	♂	atelier	174	—	—	1217	6,99	137	—	—	8,88	6,22	115
12.	id.	♂	écurie	188	—	—	1010	5,37	182	—	—	5,60	13,—	118
13.	id.	♂	atelier	172	—	—	930	5.40	109	—	—	8,53	6,14	113
14.	id.	♂	id.	208	—	—	1200	5,76	232	—	—	5,17	9,26	133
15.	id.	♀	écurie	169	744	214	958	5,66	133	4,40	4,47	7,20	6,17	109
16.	id.	♂	id.	180	741	209	950	5,27	126	4,11	4,54	7,53	3,14	113
17.	id.	♂	appartement	171	925	200	1125	6,57	131	5,40	5,62	8,58	6,53	—
18	id.	♀	id.	183	1013	203	1215	6,53	183	5,53	6,—	6,63	—	
19.	id.	♂	écurie	175	953	205	1158	6,61	141	5,50	5.64	8,21	—	
20.	id.	♂	appartement	169	627	228	855	5,06	—	3,71	3,75	—	—	
21.	Rat blanc	♀	élevage du labor.	181	824	186	1010	5,58	205	4,55	5,43	4,92	—	
22.	Mus rattus	♀	écurie	194	1035	225	1260	6,49	187	5,33	5,64	6,73	10,82	
23.	id.	♀	id.	186	1006	209	1215	6,53	155	5,40	5.81	7,83	9,16	
24.	id.	♂	id.	185	887	241	1128	6,09	175	4,90	4,68	6,44	8.16	
25.	id.	♀	id.	165	937	223	1160	7,03	99	5,67	5,20	11,71	4,58	
26.	id.	♀	id.	191	960	214	1174	6,14	230	5,02	5,48	5,10	10,88	

TABLEAU N° 1 (Suite) — Rat normal adulte.

				Longueur du corps.	Longueur de l'intestin grêle.	Longueur du gros intestin.	Longueur totale de l'intestin.	Rapport de la longueur du corps à la longueur totale de l'intestin.	Poids du corps.	Rapport de la longueur du corps à la longueur de l'intestin grêle.	Rapport de la longueur du gros int. à la longueur totale de l'intestin.	Rapport du poids du corps à la longueur totale de l'intestin.	Poids du Foie.
				mm.	mm.	mm.	mm.		gr.				gr.
27.	Mus rattus	♂	écurie	204	1014	256	1270	6,22	238	4,97	4,96	5,33	10,36
28.	id.	♀	id.	171	920	200	1120	6,55	150	5,38	5,6	7,46	8,17
29.	id.	♀	id.	192	1105	257	1362	7,09	197	5,75	5,29	6,91	—
30.	id.	♂	laiterie	187	828	202	1030	5,50	149,5	4,42	5,09	6,91	8,22
31.	id.	♂	écurie	173	815	198	1013	5,85	153	4,71	5,11	6,62	7,16
32.	id.	♂	id.	114	515	114	629	5,51	39	—	—	—	2,11
33.	id.	♀	id.	117	572	123	695	5,94	46	—	—	—	—
34.	id.	♂	id.	183	896	214	1110	6,06	205	4,89	5,18	5,41	—
35.	id.	♀	id.	170	900	187	1087	6,39	126,5	5,29	5,81	8,62	—
36.	Rat blanc	♀	élevage du labor.	155	940	194	1134	7,31	119	—	—	—	—
37.	Mus rattus	♀	laiterie	174	877	176	1053	6,05	119	5,04	5,98	8,85	8,80
38.	id.	♂	appartement	177	803	210	1013	5,72	132	4,53	4,82	7,67	—
39.	id.	♂	grange	189	700	218	918	4,85	179,5	3,70	4,21	4,21	7,61
40.	id.	♂	id.	181	664	200	864	4,64	162	3,66	4,32	5,33	—
41.	id.	♂	id.	159	674	200	874	5,49	82	4,23	4,37	—	3,15
42.	id.	♂	id.	136	605	160	765	5,62	61,5	4,44	4,78	—	2,91
43.	id.	♀	id.	149	633	179	812	5,45	92	4,24	4,53	—	5,20
44.	id.	♀	id.	177	813	253	1065	6,02	138	4,59	4,20	7,72	—
45.	id.	♀	id.	161	656	184	840	5,22	100	4,07	4,56	8,40	5,03
46.	Rat blanc	♂	élevage du labor.	224	1011	214	1225	5,46	285	4,51	5,72	4,29	15,10
47.	id.	♀	id.	202	930	173	1103	5,46	217	4,60	6,37	5,08	9,10
48.	id.	♂	id.	225	915	193	1108	4,92	303	4,06	5,74	3,65	11,70
49.	id.	♂	id.	227	1090	195	1285	5,66	297	4,80	6,59	4,32	—
50.	id.	♀	id.	196	995	170	1165	5,94	195	5,07	6,85	5,97	7,14
51.	id.	♀	id.	200	1010	178	1188	5,94	216	5,05	6,67	5,50	8,88

A côté de l'habitat ou du genre de vie, le facteur qui exerce la plus grande influence sur le rapport intestinal des adultes, est le sexe.

TABLEAU N° 2. — Influence du sexe.

	Rapport de la longueur du corps à la longueur de l'intestin.		LONGUEURS du corps		de l'intestin grêle		du gros intestin	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
	6,06	6,85	184mm	181mm	741mm	744mm	209mm	214mm
	6,15	5,42	188	175	925	1013	200	203
	5,71	6,24	191	173	953	1010	205	186
	5,69	6,90	179	190	627	1035	228	225
	5,37	5,66	180	169	887	1006	241	209
	7,44	6,53	171	183	1014	937	256	223
	6,99	5,58	174	181	828	960	202	214
	5,37	6,49	188	194	815	920	198	200
	5,40	6,53	172	186	896	1105	214	257
	5,76	7,03	208	165	803	900	210	187
	5,27	6,14	180	191	700	877	218	176
	6,57	6,55	171	171	664	813	200	253
	6,61	7,09	175	192	1011	656	214	183
	5,06	6,39	169	170	915	930	193	173
	6,09	6,05	185	174	1090	995	195	170
	6,22	6,02	204	177		1010		178
	5,50	5,22	187	161				
	5,85	5,46	173	202				
	4,85	5,94	183	196				
	6,06	5,94	177	200				
	5,72		189					
	4,64		181					
	5,46		224					
	4,92		225					
	5,66		227					
Moyennes :	**5,77**	**6,20**	**187**	**181**	**858**	**932**	**212**	**203**
Individus mesurés :	25	20	25	20	15	16	15	16

Nous avons groupé les rapports de 45 Rats du 1er Tableau suivant le sexe, (voir Tableau n° 2). La moyenne des rapports de 25 mâles est de 5,77 tandis que la moyenne de 20 femelles s'élève à 6,20. La différence sexuelle est donc très sensible et

repose sur un nombre suffisant de mesures pour être prise en considération.

Cette variation sexuelle est d'autant plus intéressante à constater que les dimensions du corps ne sont pas influencées par le sexe. La moyenne de la longueur du corps est, en effet, de 187^{mm} pour les mâles et de 181^{mm} pour les femelles.

L'allongement de l'intestin remarqué chez les femelles porte tout entier sur l'intestin grêle, le gros intestin étant au contraire un peu plus long chez les mâles. La longueur absolue de l'intestin grêle est en effet de 858^{mm} en moyenne chez les mâles et de 932^{mm} chez les femelles, celle du gros intestin de 203 chez ces dernières et de 212 pour les mâles.

Enfin, il est un caractère anatomique qu'il s'agit de définir exactement chez l'adulte, c'est la forme des villosités. Nous ne trouvons dans la littérature que très peu d'indications à ce sujet. Un seul travail ancien, celui de A. Meckel (20), contient une description détaillée de la forme des villosités chez un certain nombre d'Oiseaux et de Mammifères.

Dernièrement, deux auteurs ont repris la question, ce sont Fusari (d'après Bujard) et Bujard (9). Ce dernier auteur conclut que la forme des villosités est dépendante du régime. En faisant abstraction de détails propres aux espèces, on peut distinguer une forme commune aux villosités des herbivores : villosités foliacées et crêtes ou appendices filiformes. De même, le régime frugivore se traduirait par des villosités foliacées et des crêtes, le régime omnivore par des villosités folaciées uniquement, tandis que le régime carné et le régime lacté seraient caractérisés par des villosités digitiformes.

Nous verrons plus loin les résultats auxquels nous ont conduit nos expériences.

Villosités du Rat normal adulte. Au pylore, les villosités apparaissent sous forme de longues crêtes transversales (fig. 1), peu élevées, dont le bord supérieur est irrégulièrement festonné ;

elles sont de longueur variées et peuvent égaler parfois le diamètre de l'intestin. Serrées les unes contre les autres, elles ne s'étendent que sur cinq centimètres, cédant bientôt leur place à des villosités semi lunaires ou trapézoïdes (fig. 2) dont le bord supérieur présente souvent une échancrure au milieu. Ces villosités typiques pour le Rat, que BUJARD a déjà décrites, persistent telles quelles pendant 40^{cm} environ et s'abaissent ensuite, pour ne former dans l'ileon que de petites lames trapézoïdes ou triangulaires (fig. 3).

La forme de ces villosités n'est pas sujette à des variations individuelles, elle est exactement la même chez tous les Rats adultes normaux. Ce n'est pas le cas chez d'autres espèces; deux Lapins par exemple, peuvent présenter des villosités de formes différentes à la même place de l'intestin (BUJARD 9). Nous insistons sur ce point, car l'observation précédente (la fixité de la forme villositaire des Rats adultes normaux) donne plus de valeur et de signification aux variations que pourront, au cours de nos expériences, subir les villosités des Rats carnivores ou herbivores.

B. — *Influence de l'âge.*

Accroissement de l'intestin. Transformation des villosités.

Le rapport intestinal peut varier avec l'âge. Les anatomistes de l'Homme sont tombés d'accord pour attribuer à l'enfant un intestin relativement plus long que celui de l'adulte. La variation de ce rapport avec l'âge a été constatée de même chez quelques animaux, notamment chez la Grenouille (voir chap. III de l'historique). Il est donc nécessaire d'éliminer cette cause d'erreur, et de bien déterminer la marche de l'accroissement de l'intestin durant la jeunesse.

Nous avons consacré environ 80 Rats à cette recherche dont les résultats sont exposés dans le Tableau n° 3 (p. 272). Les moyennes générales sont indiquées dans le Tableau n° 7 (p. 297).

Les individus mesurés étaient âgés de 1 jour à 5 mois ; nous avons groupé leurs rapports intestinaux en 6 séries (voir Tableau n° 7).

La 1re série comprend les individus âgés de 1 à 2 jours.
La 2me » » » » 5 à 15 »
La 3me » » » » 17 à 25 »
La 4me » » » » 26 à 36 »
La 5me » » » » 37 à 52 »
La 6me » » » » 58 à 108 »

Enfin, nous donnons encore la moyenne de quelques adultes élevés dans les mêmes conditions que les précédents. La distribution de ces 6 séries nous a été dictée par les considérations suivantes.

C'est à environ 25 jours que le jeune Rat quitte sa mère et se nourrit lui-même. Jusqu'à ce moment, tous les jeunes sont dans les mêmes conditions d'existence, astreints au régime exclusif du lait de la mère, leur intestin s'accroît régulièrement, et les écarts entre les rapports des individus de même âge sont très petits. Mais à partir de 25 jours, les jeunes subviennent à leurs propres besoins : l'intestin, sous l'excitation de ce changement brusque de régime, prend subitement un accroissement plus rapide, et les écarts individuels s'accentuent en conséquence. Dans la période suivante, c'est-à-dire à la fin du 2me mois, le rapport intestinal régresse de nouveau pour tendre peu à peu à la moyenne des adultes.

Les jeunes Rats dont l'âge varie de quelques heures à 48 heures sont au nombre de 12 dans notre liste ; la longueur de leurs corps ne varie que de quelques millimètres et celle de leurs intestins est comprise entre 16 et 20 cm., de sorte que leurs rapports se groupent autour de la moyenne 4,17.

La moyenne des 9 rapports de la 2me série est de 4,81 ; les écarts sont déja un peu plus grands, étant compris entre 4,05 et 5,34.

TABLEAU N° 3.

INFLUENCE DE L'AGE.

Numéros d'ordre.	Age.	Sexe.	Poids du corps.	Longueur du corps.	Longueur de l'intestin grêle.	Longueur du gros intestin.	Longueur totale de l'intestin.	Rapport de la long. du corps à la longueur totale de l'intestin.	Rapport de la long. du corps à la long. de l'intestin grêle.	Rapport de la long. du gros int. à la longueur totale de l'intestin.	Rapport du poids du corps à la longueur totale de l'intestin.
			gr.	mm.	mm.	mm.	mm.				
1	1 jour	—	4 —	43 —	147	20	167	3,88	3,41	8,35	41.7
2	1 »	♂	5 —	51 —	178	29	207	4,05	3,49	7,13	41,4
3	1 »	—	5 —	46 —	177	28	205	4,45	3,86	7,32	41 —
4	1 »	♂	4 —	49 —	175	35	210	4,27	3,57	6 —	52,5
5	1 »	—	4,93	44 —	177	21	198	4,50	4,02	9,42	39,6
6	1 »	—	4,45	45 —	167	19	186	4,13	3,71	9,93	41.3
7	1 »	—	—	45 —	—	—	175	3,88	—	—	—
8	1 »	—	—	45 —	—	—	198	4,40	—	—	—
9	1 »	—	—	47 —	—	—	204	4,34	—	—	—
10	1 »	—	4,02	42 —	—	—	180	4,28	—	—	45 —
11	1½	♀	4 —	47 —	175	29	204	4,34	3,72	7,03	51 —
12	2 »	—	3,42	45 —	—	—	158	3,51	—	—	45,1
13	5 »	—	—	50 —	—	—	245	4,90	—	—	—
14	10 »	♀	8 —	59 —	271	44	315	5,34	4,59	7,15	39,3
15	10 »	♂	8 —	59 —	266	45	311	5,27	4,50	6.91	38,8
16	10 »	♂	8 —	58 —	225	44	269	4,63	3,87	6,11	33,6
17	10 »	♂	8 —	60 —	249	44	293	4,88	4,15	6,65	36.6
18	11 »	—	17 —	76 —	317	56	373	4,90	4,17	6,66	22 —
19	12 »	♂	19 —	80 —	296	59	355	4,43	3,70	6,01	18,6
20	13 »	♂	7 —	55 —	223	47	270	4,90	4,05	5,74	38,5
21	15 »	♂	14 —	75 —	245	58	303	4,04	3,26	5,22	21,6
22	17 »	♀	10,5	71 —	305	60	365	5,14	4,29	6,08	34,8
23	17 »	♂	11,4	73 —	330	70	400	5,47	4,52	5,71	34.7
24	17 »	—	10,5	73 —	300	67	367	5,02	4,10	5,47	34,9
25	19 »	♀	28 —	97 —	436	80	516	5,32	4,49	6,45	18.4
26	19 »	—	29 —	95 —	380	70	450	4,73	4 —	6,42	15,5
27	19 »	♂	11 —	72 —	—	—	420	5,83	—	—	38,1
28	19 »	♀	10,5	70 —	—	—	393	5,61	—	—	37,4
29	19 »	♂	12 —	78 —	—	—	460	5,89	—	—	39.3
30	19 »	♂	10,5	73 —	—	—	405	5,54	—	—	38,5
31	20 »	—	18,8	84,5	382	65	447	5,26	4,54	6,87	23,5
32	23 »	♂	22 —	92 —	452	86	538	5,65	4,91	6,25	24,4
33	24 »	—	39 —	111 —	547	94	641	5,77	4,92	6,81	16,1
34	25 »	♂	17 —	84 —	365	75	440	5,23	4,34	5,86	25,8

TABLEAU N° 3 (suite).

INFLUENCE DE L'AGE

Numéros d'ordre	Age	Sexe	Poids	Longueur du corps	Longueur de l'intestin grêle.	Longueur du gros intestin.	Longueur totale de l'intestin.	Rapport de la long. du corps à la longueur totale de l'intestin.	Rapport de la longueur du corps à la long. de l'int. grêle.	Rapport de la longueur du gros intestin à la long. totale intest.	Rapport du poids du corps à la longueur totale de l'intestin.
			gr.	mm.	mm.	mm.	mm.				
35	26 jours	♀	30	101	511	102	613	6,07	5,05	6,—	20,4
36	26 »	—	20	87	522	91	613	7,04	6,—	6,73	30,6
37	27 »	—	—	93	517	95	612	6,58	5,55	6,42	—
38	27 »	♂	25	91	567	93	660	7,25	6,23	7,09	26,4
39	27 »	♂	27,5	104	573	102	675	6,49	5,50	6,61	24,5
40	27 »	♂	26	103	597	113	710	6,89	5,79	6,28	27,3
41	29 »	♂	36	111	577	106	683	6,15	5,19	6,44	18,9
42	30 »	♀	54	126	706	124	830	6,58	5,60	6,67	15,3
43	31 »	♀	30	104	530	105	635	6,10	5,09	6,04	21,1
44	32 »	♀	39,5	111	616	106	722	6,50	5,54	6,81	18,2
45	36 »	♂	65	134	703	119	822	6,13	5,24	6,90	12,6
46	36 »	♂	57	127	648	118	766	6,03	5,10	6,49	13,4
47	36 »	♀	64	134	759	133	892	6,65	5,66	6,70	13,9
48	36 »	♂	65	133	721	146	867	6,51	5,42	5,93	13,3
49	36 »	♂	62	132	718	132	850	6,44	5,43	6,66	13,7
50	36 »	♂	73	140	765	142	907	6,47	5,46	6,38	12,4
51	37 »	♂	81,5	150	837	153	990	6,60	5,58	6,47	12,1
52	38 »	♀	73,5	138	744	143	887	6,42	5,39	6,20	12
53	38 »	♀	49	119	575	108	683	5,73	4,82	6,32	13,9
54	38 »	♀	64	135	675	125	800	5,92	5,—	6,40	12,5
55	41 »	♀	72,5	137	777	131	908	6,62	5,67	6,93	12,5
56	44 »	♂	80	145	747	143	890	6,13	5,15	6,22	11,1
57	44 »	♀	74	144	667	146	813	5,64	4,63	5,56	10,9
58	46 »	♀	94	147	788	145	933	6,34	5,36	6,43	9,9
59	47 »	♀	68,5	132	722	136	858	6,50	5,46	6,30	12,5
60	47 »	♀	93	148	790	155	945	6,38	5,33	6,09	10,1
61	51 »	♂	86	145	783	149	932	6,42	5,40	6,24	10,8
62	52 »	♀	78	144	785	145	930	6,45	5,45	6,41	11,9
63	52 »	♀	82	147	828	137	965	6,56	5,63	7,04	11,7
64	58 »	♀	95	158	817	153	970	6,13	5,17	6,33	10,2
65	58 »	♀	110	162	738	144	882	5,44	4,55	6,12	8
66	59 »	♀	48	119	685	120	805	6,76	5,75	6,70	16,7
67	59 »	♂	42	107	663	115	778	7,27	6,19	6,76	18,5
68	61 »	—	95	158	812	140	952	6,02	5,13	6,80	10

TABLEAU N° 3 (fin).

Influence de l'Age

Numéros d'ordre.	Age.	Sexe.	Poids du corps.	Longueur du corps.	Longueur de l'intestin grêle.	Longueur du gros intestin.	Longueur totale de l'intestin.	Rapport de la long. du corps à la longueur totale de l'intestin.	Rapport de la long. du corps à la long. de l'intestin grêle.	Rapport de la long. du gros int. à la longueur totale de l'intestin.	Rapport du poids du corps à la longueur totale de l'intestin.
			gr.	mm.	mm.	mm.	mm.				
69	62 jours	—	93	151	770	155	925	6,12	5,09	5,96	9,9
70	62 »	♂	61	131	745	135	880	6,71	5,68	6,51	14,4
71	62 »	♂	49	114	633	123	756	6,63	5,55	6,14	15,4
72	77 »	♀	121	168	860	165	1025	6,10	5,11	6,21	8,4
73	108 »	♀	73	138	753	123	870	6,31	5,45	7,07	11,9
74	108 »	♂	59	127	738	125	863	6,79	5,81	6,90	14,6
75	108 »	♀	85	140	790	143	933	6,65	5,64	6,52	10,9
76	108 »	♂	66	134	755	125	880	6,71	5,63	7,04	13,3
77	138 »	♂	174	194	937	162	1099	5,66	4,83	6,78	6,3
78	138 »	♂	188	196	917	172	1089	5,55	4,67	6,33	5,7
79	140 »	♀	142	176	831	168	999	5,67	4,72	5,94	7,—
80	150 »	♀	119	155	940	194	1134	7,31	6,06	5,32	9,5
81	158 »	♂	181	189	872	188	1060	5,60	4,61	5,63	5,8
			Vieux Rats d'âge inconnu.								
1		♂	232	208	—	—	1200	5,76			
2		♂	238	204	1014	256	1270	6,22			
3		♂	285	224	1011	214	1225	5,46			
4		♀	217	202	930	173	1103	5,46			
5		♂	303	225	915	193	1108	4,92			
6		♂	297	227	1090	195	1285	5,66			
7		♀	216	200	1010	178	1188	5,94			
8		♀	205	181	824	186	1010	5,58			

13 individus âgés de 15 à 25 jours forment la 3me série. La moyenne de leurs rapports 5,42 indique que l'accroissement de l'intestin a continué d'être régulier.

Nous entrons maintenant dans la 2me période de la vie du jeune Rat, qui s'étend du moment où les petits quittent leur mère jusque dans le courant du 4me mois où ils sont adultes.

Nous avons distingué une première série d'individus âgés de 26 à 36 jours. Dans ce court espace de temps, l'intestin s'est accru très rapidement et le rapport moyen monte de 5,42 à 6,49. Parmi les 16 individus de cette série, il n'en est pas un dont le rapport soit inférieur à 6, mais il monte jusqu'à 7,25; cependant la plupart des rapports s'éloignent peu de la moyenne, 6,49.

Dans les deux séries suivantes le rapport intestinal de l'adulte tend à s'établir: les écarts individuels sont de nouveau beaucoup plus grands.

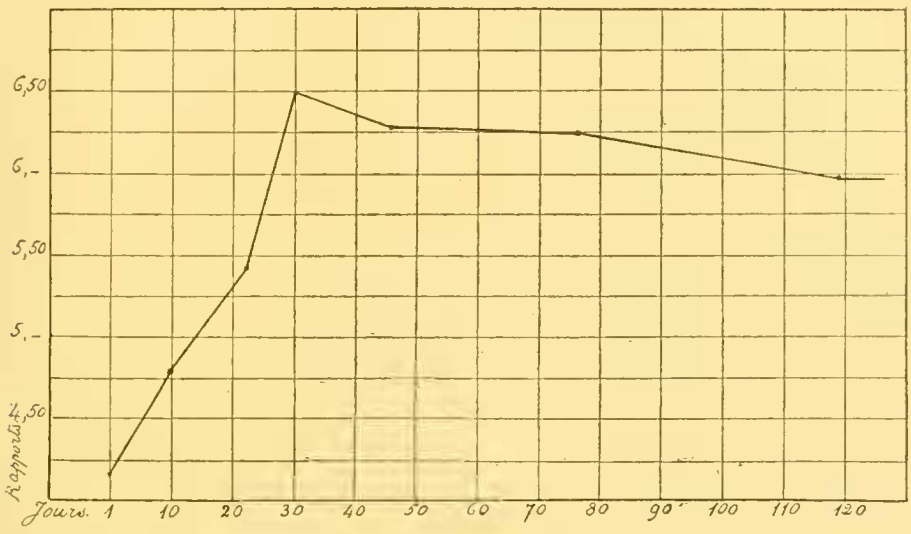

Fig. 1

Dans la série précédente, l'uniformité de l'excitation produite par le changement brusque de régime avait donné aux rapports intestinaux une certaine unité. La longueur relative de l'intestin diminue dans le courant du 2me mois; on voit apparaître de nouveau des rapports inférieurs à 6. Cependant, la moyenne est encore de 6,28 pour les 13 individus âgés de 37 à 52 jours. Dans la 3me série nous avons éliminé les nº 66, 67, 70 et 71 issus d'un même couple et qui n'ont pas progressé normalement. Il ne reste que 9 individus, nombre insuffisant pour établir une moyenne entre des individus âgés de 3 mois dont les rapports varient beaucoup; nous voyons, cependant, que le rapport intestinal a

encore diminué et n'est guère plus élevé que la moyenne des adultes.

Nous voyons donc qu'il n'était pas superflu de rechercher quelle pouvait être l'influence de l'âge sur la longueur de l'intestin, puisque suivant le degré de développement du corps, cet organe s'accroît plus ou moins rapidement. L'évolution du rapport intestinal pendant la croissance, chez le Rat blanc, décrit ainsi une sorte de courbe ayant un sommet qui coïncide avec le commencement du 2me mois (fig. 1).

Nous n'avons pas trouvé, dans la littérature, de courbes semblables obtenues chez d'autres Mammifères. MÜHLMANN (23) a calculé le rapport du poids de l'intestin au poids du corps, chez l'enfant et chez l'homme. La courbe qu'il a obtenue est en sens inverse de la nôtre, c'est-à-dire qu'elle est relevée aux deux extrémités, l'intestin étant relativement plus long chez les nouveau-nés que chez les adultes. L'accroissement du rapport intestinal peut donc varier dans son allure, suivant les espèces.

Le rapport baisse de nouveau chez les individus âgés, comme le montrent les chiffres qui sont à la fin du tableau n° 3. Nous avons rassemblé, dans cette annexe, les mesures d'individus d'âge inconnu que nous considérons comme vieux, soit que le poids de leur corps nous y autorise, soit qu'ils aient vécu dans notre élevage pendant plus d'une année. La moyenne des rapports de ces 8 Rats est en effet de 5,62, donc bien au-dessous de la moyenne normale.

Les courbes de la figure n° 2 représentent l'accroissement de l'intestin grêle et du gros intestin (exprimé en chiffres absolus). Nous constatons un arrêt dans la croissance qui se prolonge pendant environ deux mois, puis reprend au commencement du quatrième mois pour s'arrêter définitivement au 5me mois. (Fig. 2.) Ces courbes ont de l'analogie avec celles qui expriment l'accroissement absolu en poids de l'intestin et d'autres organes de l'homme, et ont été publiées par MÜHLMANN (23).

Le rapport de la longueur de l'intestin grêle à celle du corps suit la même marche que le rapport intestinal, comme en témoignent les moyennes des 6 séries que nous avons établies, soit 3,68 — 4,03 — 4,44 — 5,48 — 5,29 — 5,28. Bien que ce rapport et les deux suivants ne présentent pas un grand intérêt dans la recherche de l'influence de l'âge sur l'intestin, il était nécessaire de les calculer chez les Rats normaux, pour pouvoir apprécier leurs variations sous l'influence des régimes.

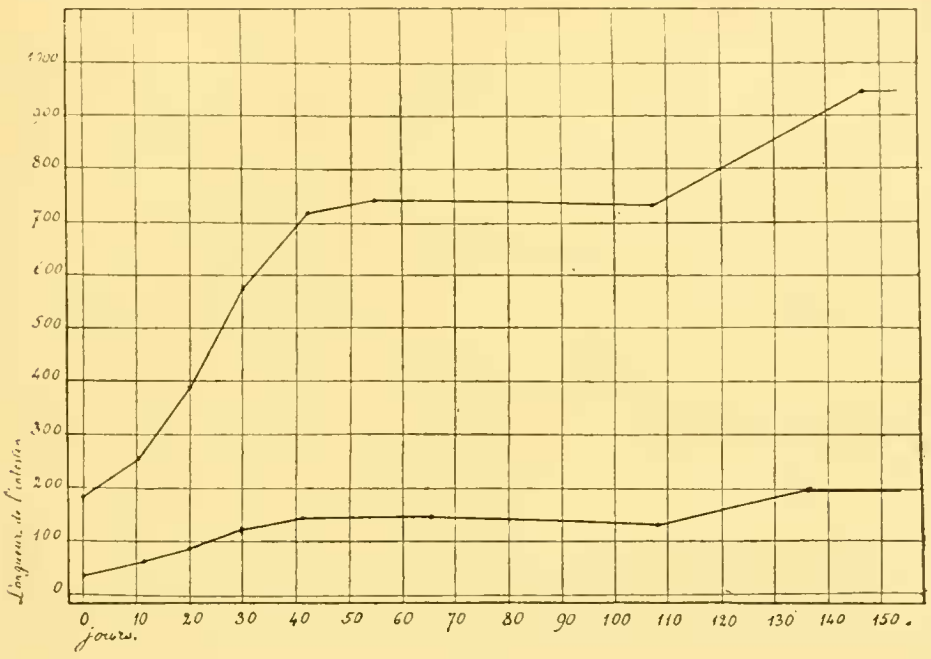

Fig. 2

Le rapport de la longueur du gros intestin à la longueur totale de l'intestin diminue très rapidement, puis présente un arrêt dans le courant du 2me mois, pour diminuer ensuite régulièrement.

Le 4me rapport, exprimant le nombre de millimètres d'intestin qui sont proportionnés à 1 gramme du poids du corps, diminue très rapidement avec l'âge (voir le tableau n° 7, p. 297). Les villosités intestinales subissent de profondes transformations entre le jour de la naissance et le moment où le jeune Rat se nourrit seul. A la naissance et pendant les premiers jours, des villosités cylindriques tapissent toute la longueur de l'intestin grêle ; elles

ressemblent aux villosités dessinées dans la fig. 4. Pendant la période de lactation, les villosités cylindriques de l'intestin grêle médian et terminal disparaissent et sont remplacées par des villosités plates, très élevées et étroites avec une base élargie (fig. 5). Elles s'abaissent en se rapprochant du cæcum et se convertissent en petites crêtes triangulaires (fig. 5). Dans le duodenum supérieur, les villosités cylindriques ont persisté; elles sont plus grosses que celles du nouveau-né, mais leurs formes sont exactement semblables.

Des individus âgés de 25 jours possédaient encore des villosités cylindriques dans la région pylorique, tandis que, plus bas, les villosités duodénales tendaient à s'abaisser et à s'élargir.

Dans le courant du 2me mois, l'intestin est tapissé de villosités aux formes variées se pressant les unes contre les autres. Un certain nombre, par leur forme élancée et souple, rappellent les villosités du 1er mois, d'autres offrent toutes les formes de passage à la villosité de l'adulte. Enfin, les longues crêtes pyloriques décrites dans le paragraphe précédent ont remplacé les villosités cylindriques.

Nous reviendrons, dans le dernier chapitre, sur le rôle que l'on peut attribuer au régime du lait dans cette transformation, nous contentant, pour le moment, d'enregistrer ces trois formes fondamentales :

la villosité cylindrique du nouveau-né.

la villosité étroite, haute mais plate qui caractérise l'intestin du jeune Rat pendant la période de lactation,

la villosité assez élevée encore, plus ou moins triangulaire, s'acheminant vers la forme adulte et que l'on trouve dans le courant du 2me mois.

Quant à la différence sexuelle que nous avons constatée dans les rapports des adultes, elle ne se manifeste que dans le courant du 3me mois. En effet, les mâles âgés de 26 à 62 jours, au nombre de 15, ont comme moyenne de leurs rapports intestinaux 6.54

tandis que la moyenne de 18 femelles du même âge n'est que de 6,27. Au contraire, des 10 individus suivants, âgés de 77 à 158 jours, les 5 femelles ont un rapport moyen de 6,40 tandis que celui des 5 mâles est de 6,06. Le moment où le rapport des femelles acquiert la priorité sur celui des mâles coïncide avec l'établissement de la puberté, à la fin du 3me mois.

Nous avons examiné, dans ce chapitre, toutes les causes qui peuvent faire varier le tube digestif dans ses dimensions et sa morphologie, en dehors de toute question de régime. Sachant maintenant que le sexe a une légère influence sur la longueur de l'intestin, connaissant les variations que celui-ci subit pendant la période de croissance, et les transformations que subissent les villosités, nous pouvons étudier l'action propre des aliments sur le tube digestif. Nous nous bornerons à exposer dans le chapitre suivant les résultats des expériences, leur interprétation étant réservée pour le chapitre IV.

III. — Influence du Régime.

A. — *Régime végétarien.*

Il arrive souvent, dans la nature, que le Rat se nourrisse exclusivement de céréales, lorsqu'il habite une grange par exemple. Il fallait donc, pour obtenir des transformations dans le tube digestif, composer un régime aussi végétarien que possible. Le régime formé en majeure partie de carottes, raves, salades, administré aux trois premiers couples d'adultes, fut trop exclusif; deux femelles périrent après deux et quatre mois de régime. Force fut de tempérer cette nourriture trop végétale avec des substances plus riches en albuminoïdes, telles que du pain et des graines en petites quantités, ainsi que des pommes de terre.

En nourrissant les jeunes Rats avec ces aliments, nous pûmes leur substituer graduellement un régime plus végétal, composé uniquement de pommes de terre, carottes et salades. Des indi-

vidus de 2me génération ont vécu ainsi depuis l'âge d'un mois, restant en dessous de la moyenne en ce qui concerne le poids, mais capables de se reproduire. Le nombre des jeunes de chaque portée est plus petit chez les Rats végétariens que chez les omnivores. Cette réduction, manifeste dès la première portée, ne s'accentue pas dans les portées suivantes.

Exemples : une femelle végétarienne a mis bas dans quatre portées successives 3, 6, 4 et 8 petits. Lors de sa dernière délivrance, elle en était au septième mois du régime. Une autre femelle a mis bas trois fois de suite 4 petits après 1 mois, 2 mois et 5 mois de régime. Un couple nourri dès sa naissance de légumes a produit à l'âge de six mois 6 petits et un mois et demi plus tard 5 petits.

La première portée d'une femelle de 2me génération, accouplée avec un mâle de première génération, n'eût lieu qu'après 7 mois et compta 6 petits.

Enfin, un couple de 2me génération ne se reproduisit qu'après 13 mois, donnant naissance à 6 petits.

Si le régime végétarien n'enlève pas aux sujets expérimentés le pouvoir de reproduction, il retarde néanmoins le moment où ils sont aptes à se reproduire. Le Rat normal est adulte à l'âge de 3 mois, mais des individus très bien nourris au laboratoire se sont reproduits avant cet âge. Nous citerons le cas d'une famille de 6 petits, nés d'un couple omnivore le 25 février 1906, dont 3 mâles et 3 femelles, nourris copieusement avec des végétaux, de la viande, du lait et du pain, et élevés dans la même enceinte. Une femelle mit bas 8 petits le 18 mai, la seconde donna autant de petits le 20 mai et la troisième 10 petits le 25 mai.

Il est intéressant de comparer la précocité extraordinaire de ces trois femelles bien nourries avec le retard dans la reproduction des couples végétariens.

Nous présentons dans le tableau n° 4 les résultats des mesures de 28 Rats végétariens appartenant à trois générations

TABLEAU n° 4.

SÉRIE VÉGÉTARIENNE.

		Age	Sexe	Poids du corps	Longueur du corps	Longueur de l'intestin grêle	Longueur du gros intestin	Longueur totale de l'intestin	Rapport de la longr du corps à la longr totale de l'intestin
				gr.	mm.	mm.	mm.	mm.	
1	2e génération	44 jours	♂	71	133	725	175	900	6,77
2	» »	47 »	—	16	73	500	88	588	8,05
3	» »	92 »	♂	110	153	818	182	1000	6,53
4	3e »	106 »	♀	60	122	626	147	773	6,33
5	» »	107 »	♂	65	129	728	161	889	6,87
6	2e »	110 »	♂	81	138	700	145	845	6,12
7	» »	174 »	♀	100	147	775	167	942	6,40
8	1e mesuré 12 h. après la mort	181 »	♂	84	156	820	190	1010	6,47
9	2e génération	190 »	♂	85	143	667	160	827	5,78
10	» »	208 »	♀	87	139	717	135	852	6,13
11	1e »	212 »	♀	185	188	927	208	1135	6,03
12	2e »	215 »	♀	100	148	836	180	1016	6,86
13	» »	215 »	♂	107	163	815	155	970	5,94
14	3e »	217 »	♀	103	145	756	164	920	6,34
15	2e »	238 »	♂	105	156	688	167	855	5,48
16	» »	267 »	♂	87	149	634	168	802	5,38
17	» »	269 »	♀	82	139	794	168	962	6,92
18	1e »	358 »	♂	93	146	740	168	908	6,21
19	» »	1 an 13 jours	♀	122	164	809	172	981	5,98
20	2e » »	19 »	♀	126	170	759	175	934	5,49
21	» » »	22 »	♀	145	169	903	175	1078	6,37
22	» » »	25 »	♂	119	161	891	180	1071	6,65
23	» » »	26 »	♀	148	175	944	173	1117	6,38
24	» » »	84 »	♂	158	168	836	206	1042	6,20
25	1e » »	122 »	♂	159	181	894	192	1086	6,00
26	2e » »	124 »	♂	137	163	847	191	1038	6,36
27	» » »	125 »	♀	115	158	710	173	883	5,58
28	1e » »	279 »	♂	193	194	989	218	1207	6,17
Rats soumis au régime végétarien à l'état adulte.									
	Durée de l'expérience								
29		60 jours	♀	295	185	965	189	1154	6,23
30		108 »	♀	171	173	972	198	1170	6,76
31		150 »	♀	254	202	1047	213	1260	6,23
32		1 an »	♀	231	192	1007	240	1247	6,49
33		» 135 »	♂	196	200	1035	255	1290	6,45
34		» 135 »	♀	204	202	887	233	1120	5,54

TABLEAU N° 4 (suite)

SÉRIE VÉGÉTARIENNE

		Dimensions du cæcum		Poids du foie	Circonférence de l'intestin		Rapport de la long. du corps à la longueur de l'intestin grêle	Rapport de la long. du gros intestin à la long. totale de l'intestin	Rapport du poids du corps à la longueur totale de l'intestin
		Longueur	Largeur		Intestin grêle	Gros intestin			
		mm.	mm.	gr.	mm.	mm.			
1	2e génération	58	—	3,84	—	—	5,45	5,14	12,6
2	» »	28	—	—	—	—	6,85	6,68	36.7
3	» »	55	18	6,21	—	—	5,34	5,49	9,—
4	3e »	48	16	3,11	8 à 10	6 à 10	5,13	5,25	12,9
5	» »	48	13	3,64	—	8 à 15	5,64	5,52	13,6
6	2e »	52	—	4,95	—	—	5,07	5,82	10.4
7	» »	49	15	5,20	10	10 à 13	5,27	5,64	9,4
8	1e mes. 12 h. ap. mort	52	—	—	14	21	5.25	5,31	12,—
9	2e génération	50	14	3,18	8 à 10	6 à 10	4,66	5,16	9,7
10	» »	45	17	3,79	—	8 à 12	5,15	6,31	9,8
11	1e »	62	17	—	5 à 15	8 à 18	4,93	5,45	6,1
12	2e »	61	16	4,97	8 à 9	10 à 13	5,64	5,64	10,1
13	» »	40	12	5,04	6 à 8	8 à 10	5,—	6,25	9,—
14	3e »	56	18	4,68	7 à 10	6 à 9	5,21	5,60	8,9
15	2e »	51	17	—	6 à 11	5 à 9	4,41	5,11	8.1
16	» »	56	14	3,94	—	11 à 13	4,25	4,77	6,1
17	» »	48	13	4,06	10	8 à 13	5.71	5,72	11,7
18	1e »	54	24	4,90	11	13	5,06	5,40	9,7
19	» »	58	15	5,75	7 à 10	9	4,93	5,70	8,—
20	2e »	60	18	5,—	7 à 10	8 à 9	4,46	5,33	7,4
21	» »	55	20	6,77	7 à 10	8 à 13	5,34	6.16	7.4
22	» »	59	15	5.32	6 à 11	7 à 13	5,53	5,95	9,—
23	» »	61	20	5,56	—	8 à 12	5,39	6,45	7,5
24	» »	69	20	7,56	10 à 15	8 à 12	4.97	5.05	6.6
25	1e »	64	20	7,76	6 à 10	8 à 12	4,93	5,65	6,8
26	2e »	—	—	6,09	—	—	5,19	5,43	7,5
27	» »	49	10	4,68	10	7 à 10	4,49	5,10	7,6
28	1e »	75	21	8,85	8 à 10	11 à 15	5,61	5,53	6.2
	Rats soumis au régime végétarien à l'état adulte.								
29		—	—	—	—	—	5,21	6,10	3,9
30		52	—	4,62	—	—	5,61	5,90	6,8
31		60	—	14,03	—	—	5.18	5,91	4,9
32		76	33	10,20	—	—	5,24	5,19	5,4
33		71	22	2,59	13 à 16	15 à 20	5,17	5,05	6.5
34		84	21	9,40	8 à 12	9 à 15	4,39	4,80	5,4

successives, soumis au régime dès le premier mois de leur existence, et de 6 individus adultes d'âge inconnu qui subirent le régime pendant une partie de leur vie seulement. Le nombre d'individus soumis au régime végétarien fut plus grand, mais nous n'avons pas tenu compte des morts, car les muscles se relâchant, l'intestin s'allonge d'une manière sensible un certain nombre d'heures après la mort. Il fallait donc toujours opérer dans des conditions identiques et mesurer l'intestin, à l'état frais, aussi peu de temps que possible après la mort.

Nous constatons en premier lieu que sur les 28 individus soumis au régime dès leur premier mois, 7 seulement ont un rapport inférieur à 6, et qu'un seul rapport dépasse 6.9. Les 28 rapports se groupent autour de la moyenne 6,27. Les écarts individuels sont donc moins grands et moins fréquents que chez les Rats normaux.

L'influence prépondérante du régime se manifeste ainsi clairement en donnant une certaine uniformité à la structure anatomique de l'intestin.

Les numéros 1 à 6, âgés de moins de 4 mois, peuvent être considérés comme non adultes ; la moyenne de leurs rapports est de 6,77 tandis que celle des 22 adultes est de 6,14. L'influence du régime est donc plus sensible chez les jeunes que chez les adultes ; la moyenne 6,77 dépasse en effet de beaucoup la plus élevée des jeunes normaux soit 6.49. Le régime a davantage prise sur de jeunes intestins que sur des intestins d'adultes, mais son action s'atténue ensuite avec l'âge.

Le chiffre de 6,14 ne décèle en effet qu'une action bien faible des aliments végétaux sur le tube digestif du Rat. Cette action a porté presque uniquement sur l'intestin des mâles, comme le montrent les moyennes de 6,05 prises sur 11 mâles et de 6.22 prises sur 11 femelles, chiffres que l'on doit comparer à ceux du tableau n° 2 soit 5.77 pour la moyenne des mâles normaux et 6,20 pour celle des femelles.

La moyenne 6,27 des 6 Rats adultes soumis au régime est plus significative parce que nous avons affaire ici à des individus très âgés ; or, le rapport à l'état normal est au-dessous de 6, d'après la statistique que nous donnons dans le chapitre précédent.

On comprend mieux l'action du régime végétal en comparant entre eux les rapports de la longueur de l'intestin grêle et de la longueur du gros intestin à celle du corps, figurant au tableau 7. On constate alors que si l'allongement de l'intestin grêle est à peine sensible, celui du gros intestin est fort marqué, comme en font foi les 3 moyennes de 5,65-5,57 et 5,58 bien inférieures aux moyennes correspondantes de la série normale.

Des individus formant les 4 séries du tableau n° 7, ce sont donc les herbivores qui possèdent le gros intestin le plus long.

Le cæcum prend aussi dans cette série, un développement remarquable; il occupe une grande place dans la cavité abdominale recouvrant une partie des viscères ; ses dimensions nous sont données par la longueur et la largeur maximum. La moyenne de ces deux valeurs, chez les adultes végétariens, est de $53^{mm},3$ de longueur sur $15^{mm},2$ de largeur.

Le diamètre de l'intestin chez le Rat ne varie pour ainsi dire pas; le régime n'a qu'une action imperceptible sur lui. Ceci a son importance, car on fait souvent intervenir la dimension du diamètre comme un compensateur de la longueur de l'intestin.

Le diamètre de l'intestin grêle des végétariens varie en moyenne de 8,1 à $10^{mm},5$ et celui du gros intestin de 9 à $12^{mm},3$.

Il nous reste enfin à examiner les variations qu'ont subies les villosités intestinales des sujets végétariens. Un certain nombre d'individus ont conservé des villosités presque semblables à la forme normale. Chez la majorité des sujets, cependant, ces appendices ont subi une transformation notable; la forme normale apparaît de temps en temps entourée d'autres formes irrégu-

lières. La région pylorique ne varie pas, elle est occupée par les mêmes longues crêtes que nous avons décrites chez le Rat normal. Dans le duodénum, par contre, apparaissent des villosités triangulaires, élevées; le plus souvent leur sommet s'est développé d'un seul côté, donnant à la villosité un aspect plus ou moins déchiqueté (fig. 6.). Cette forme particulière ne s'est rencontrée que chez des sujets végétariens; elle domine dans tout l'intestin grêle.

Cependant la réaction de la villosité au régime végétarien n'a pas été très uniforme. Nous avons trouvé par exemple dans le duodénum d'une femelle de 7 mois, des villosités étroites, très hautes, semblables aux formes décrites chez les jeunes dans le chapitre précédent. Chez un autre individu, la forme typique était accompagnée de villosités petites et étroites ou larges et basses, qui donnaient à la muqueuse un aspect fort bigarré.

B. — *Régime carné.*

Les 3 couples adultes que nous avons soumis au régime carné ont bien supporté ce brusque changement d'alimentation; ils ne dépérirent point et se multiplièrent bientôt. 2 mois $^1/_2$ après le début de l'expérience, la première femelle mit bas 6 petits, 3 mois plus tard 5 petits et encore un mois plus tard de nouveau 6 petits.

Du 2me couple naquirent 2 petits après 2 mois de régime, puis 8 petits après 5 mois, 3 petits après 6 mois et $^1/_2$ et enfin 7 après 7 mois $^1/_2$ de régime.

Le 3me couple fut moins fécond, la femelle mit bas 3 petits après 1 mois $^1/_2$ de régime et 6 après 6 mois $^1/_2$.

Malheureusement, cette fécondité ne se transmit pas à la deuxième génération; la mortalité y fut aussi très forte. Un certain nombre de jeunes périrent par défaut de soins de la mère.

Les autres furent soumis au régime exclusif de la viande le jour où on les sépara de la mère. Les jeunes s'acclimatèrent dès

le premier jour à leur régime, mangeant la viande avec avidité et augmentant rapidement de poids pendant les deux premières semaines.

A partir de ce moment, la croissance se ralentit beaucoup, un certain nombre d'individus diminuèrent de poids rapidement et périrent; la mortalité atteignit les jeunes Rats vers le 45e jour et vers le 75e jour. Le détail de ces courbes de croissance sera traité dans une étude spéciale que nous projetons de faire à ce sujet.

Les individus qui ont passé cette période critique de la vie des Rats carnivores, sont capables de vivre longtemps en se contentant de ce régime peu varié.

Pour avoir un nombre de sujets suffisant, nous avons soumis au régime carné, dès leur séparation d'avec les mères, de jeunes Rats issus de parents omnivores.

Aucun de ces Rats carnivores de première ou de deuxième génération ne se reproduisit, bien qu'un certain nombre d'entre eux vécut plus d'une année. Quelques-uns étaient rachitiques et les organes génitaux de tous étaient plus ou moins atrophiés.

Une première constatation que nous pouvons faire d'ailleurs, en examinant le tableau n° 5, c'est que la plupart des Rats carnivores sont restés bien en dessous de la moyenne normale pour le développement du corps. Les numéros 4, 12, 26, 27 et 29 ont seuls un poids normal.

L'action de la viande de cheval sur le tube digestif a eu des résultats tout à fait inattendus.

Le rapport intestinal de tous les Rats carnivores, sauf 2, est au-dessus de la moyenne 6, et la dépasse même de beaucoup chez un certain nombre d'individus jeunes et vieux.

Les 3 femelles des premiers couples ont présenté la même réaction; le seul mâle dont nous ayons les mesures a conservé un intestin normal.

Vu la mortalité qui sévit pendant les deux premiers mois de

TABLEAU N° 5.

SÉRIE CARNIVORE.

		Age.	Sexe.	Poids du corps.	Longueur du corps.	Longueur de l'intestin grêle.	Longueur du gros intestin.	Longueur totale de l'intestin.	Rapport de la longueur du corps à la longueur totale de l'intestin.
				gr.	mm.	mm.	mm.	mm.	
1	1re génération	34 jours	♀	19,5	95	613	87	700	7,36
2	2me »	38 »	♀	17,5	86	630	95	725	8,43
3	» »	38 »	♀	17,5	91	723	103	826	9,07
4	» »	46 »	♂	49,5	115	1000	185	1185	10,30
5	» »	46 »	♀	27,7	96	707	98	805	8,38
6	» »	46 »	♀	24,4	93	655	78	733	7,88
7	» »	46 »	—	23,7	94	743	100	843	8,96
8	» »	48 »	♂	25,5	93	590	93	683	7,34
9	» mesuré 24 h. ap. mort	59 »	♀	41—	120	800	125	925	7,70
10	» génération	63 »	♂	—	115	830	130	960	8,34
11	» »	67 »	♀	53,5	105	849	84	933	8,88
12	» »	67 »	♂	94,7	144	1100	167	1267	8,79
13	» mesuré 12 h. ap. mort	69 »	—	48,5	117	872	121	993	8,48
14	» génération	69 »	♂	—	123	870	105	975	7,92
15	1re »	74 »	♀	69,5	123	660	107	767	6,23
16	» mesuré quelques h. après la mort	76 »	♂	37,5	115	680	108	788	6,85
17	» génération	81 »	♂	42—	118	765	132	897	7,60
18	» »	81 »	♀	37—	115	743	112	855	7,43
19	2me »	82 »	♀	45—	113	831	122	953	8,43
20	1re »	85 »	—	52,5	114	667	116	783	6,86
21	» »	199 »	♀	56—	124	690	105	795	6,40
22	2me »	210 »	♂	77—	143	1135	173	1308	9,14
23	1re »	309 »	♀	88—	144	784	115	899	6,24
24	» »	309 »	♀	130—	167	800	135	935	5,59
25	» »	1 an 6 jours	♀	140—	170	912	132	1044	6,14
26	2me »	» 77 »	♂	259—	205	1077	164	1241	6,05
27	» »	» 110 »	♂	293—	197	1195	185	1380	7—
28	» »	» 216 »	♀	135—	151	929	136	1065	7,05
29	» »	» 237 »	♂	257—	205	1084	170	1254	6,11

Rats soumis au régime carné à l'état adulte.

	Durée de l'expérience.							
30	200 jours	♀	238	180	1290	185	1475	8,19
31	344 »	♀	142	177	1413	192	1605	9,06
32	374 »	♀	169	195	1175	197	1372	7,03
33	383 »	♂	204	207	963	182	1145	5,53

TABLEAU N° 5 (suite).

SÉRIE CARNIVORE

		Dimensions du cæcum. Longueur.	Dimensions de cæcum. Largeur.	Poids du foie.	Circonférence de l'intestin. Intestin grêle.	Circonférence de l'intestin. Gros Intestin.	Rapport de la long. du corps à la long. de l'intestin grêle.	Rapport de la long. du gros intestin à la long. totale de l'int.	Rapport du poids du corps à la longueur totale de l'intestin.
		mm.	mm.	gr.	mm.	mm.			
1	1re génération	—	—	—	—	—	6,45	8,04	35,9
2	2e »	18	—	1,065	—	—	7,32	7,63	41,4
3	» »	27	—	—	—	—	7,94	8,01	47.2
4	» »	60	—	1,555	—	—	8,69	6,40	23,9
5	» »	—	—	—	—	—	7,36	8,21	29,—
6	» »	—	—	—	—	—	7,04	9,39	30,—
7	» »	—	—	—	—	—	7,90	8,43	35,5
8	» »	—	—	—	—	—	6,34	7,34	26,7
9	» mesuré 24 h. ap. mort	—	—	—	—	—	6,66	7,40	22,5
10	» génération	—	—	—	—	—	7,21	7,38	—
11	» »	—	—	—	—	—	8,08	11,10	17,4
12	» »	53	—	5,910	—	—	7,63	7,58	13,3
13	» mesuré 12 h. ap. mort	—	—	—	—	—	7,45	8,20	20,4
14	» génération	—	—	—	—	—	7,07	9,28	—
15	1re »	31	—	—	—	—	5,36	7,16	11,—
16	» »	35	—	—	—	—	5,91	7,29	21,—
17	» »	37	—	—	—	—	6,48	6,79	21,3
18	» »	41	—	—	—	—	6,46	7,64	23,1
19	2e »	—	—	—	—	—	7,35	7,81	21,1
20	1re »	32	5	—	—	—	5,85	6,75	14,9
21	» »	35	13	—	8 à 9	8 à 10	5,56	7,57	14,1
22	2e »	—	43	—	—	--	7,93	7,56	17,—
23	1re »	41	12	5,55	8 à 9	7 à 10	5,44	7,81	10,2
24	» »	36	13	7,75	10	11 à 13	4,77	6,92	7,19
25	» »	47	15	8,41	8 à 10	11 à 12	5,36	7,90	7,45
26	2e »	64	19	10,53	8 à 10	9	5,25	7,56	4,70
27	» »	56	17	17,70	10 à 14	12 à 13	6,06	7,45	4,70
28	» »	42	14	13,35	5 à 9	7 à 9	6,15	7,83	7,80
29	» »	50	19	12,0	9	10 à 15	5,28	7,37	4,8
	Rats soumis au régime carné à l'état adulte.								
30		—	—	11,785	—	—	7,16	7,97	6.2
31		—	—	--	—	—	7,98	8,35	11,3
32		70	—	6,555	13 à 15	13	6,02	6,96	8,1
33		72	21	10,270	12	13 à 15	4,65	6,29	5,6

régime, nous dûmes sacrifier les jeunes qui nous semblaient dépérir, afin de ne pas perdre trop de matériel.

Les 20 premiers de la liste sont âgés de moins de 90 jours. Nous les groupons en deux catégories : la première comprend les numéros 1 à 10 qui sont dans le courant de leur 2me mois et la seconde les numéros de 11 à 20 âgés de 2 à 3 mois (voir tableau n° 7, p. 297).

Cette division en 3 catégories nous permet de faire la même constatation que pour les Rats herbivores : ce sont les jeunes qui offrent le plus grand écart de la moyenne.

L'intestin présente le maximum de réaction pendant les 30 premiers jours qui suivent le début de l'expérience, et tend ensuite à se rapprocher de la moyenne.

La moyenne des rapports intestinaux des 10 premiers est en effet de 8,37, chiffre qui laisse bien loin derrière lui les moyennes des Rats normaux et herbivores du même âge. Nous trouvons dans cette catégorie le rapport maximum qui s'élève à 10,30. Or il se trouve que ce rapport appartient précisément au seul individu de cette série qui ait progressé normalement, son poids atteignant 49gr,5.

Ceci est digne de remarque, parce qu'on aurait pu attribuer la grandeur anormale de ces rapports au fait que le corps ne se développe pas tandis que l'intestin s'allonge normalement et que, par conséquent, le rapport se trouve ainsi augmenté sans que l'intestin ait subi une véritable transformation.

On voit, au contraire, que les nos 4 et 12 ont un intestin grêle très long, puisqu'il mesure 1 mètre et même davantage.

La moyenne de la seconde catégorie est encore très élevée, soit 7,74. Parmi les adultes, nous constatons de très grands écarts ; un mâle âgé de 7 mois possède un rapport intestinal de 9,14, tandis qu'une femelle de 303 jours n'a que 5,59 comme rapport intestinal. Mais leur moyenne de 6,63 est encore bien au-dessus de la normale.

Enfin, ce qui achève de rendre l'action du régime carné plus

caractéristique, c'est le fait que le gros intestin subit une très forte réduction. Le rapport de la longueur du gros intestin à la longueur totale intestinale est, en effet, de 7,82 dans la première catégorie et croît encore dans la deuxième, pour atteindre le maximum de 7,96. Ce chiffre dépasse même le rapport des nouveau-nés chez lesquels le gros intestin n'a pas encore fonctionné. L'allongement intestinal qu'exprimait le premier rapport porte donc tout entier sur l'intestin grêle. Le rapport de ce dernier avec la longueur du corps est respectivement dans les trois catégories de 7.37 ; 6,76 ; 5,97.

Cet accroissement excessif de l'intestin a donné lieu plusieurs fois à de curieux accidents : une partie de l'intestin s'invaginait dans la portion suivante par le fait que la cavité abdominale était trop exiguë pour contenir un intestin qui avait, par son allongement, atteint des proportions exagérées.

Le cas le plus curieux est celui de la femelle n° 31 dont l'intestin grêle mesure $1^{m},40$. Elle supporta très bien le régime carné, donnant 4 portées successives dans l'espace de 6 mois. A la fin de l'année elle meurt rapidement ; nous l'ouvrons immédiatement après la mort et trouvons qu'une partie de l'intestin grêle s'était invaginée dans le cæcum. Nous pûmes extraire du cæcum exactement 27 centimètres d'intestin.

Le cæcum diminue légèrement ; cette réduction porte sur la longueur seulement, comme le prouvent les moyennes de 8 adultes : longueur max. 46, largeur max. 15,2.

La circonférence de l'intestin grêle variait, en moyenne, de 8,2 à 10 mm. et celle du gros intestin de 9,3 à 11,3 ; il n'y a donc pas de changement appréciable. Les n°s 32 et 33 cependant semblent bien avoir élargi leur intestin dans une certaine mesure, le diamètre dépassant largement la moyenne.

A l'inverse de la série précédente, les rapports des Rats carnivores se dispersent sur une plus grande échelle, variant du minimum 5,53 au maximum 10,3.

Mais comme nous l'avons remarqué, c'est dans le courant du deuxième mois que l'intestin est le plus sensible au changement de régime; il s'adapte ensuite peu à peu aux nouveaux aliments en se rapprochant de la moyenne. La durée de l'expérience n'a, semble-t-il, pas autant d'importance qu'on pourrait le croire et la continuité de l'action d'un régime n'a pas pour effet d'augmenter progressivement l'importance de la variation qu'il produit.

D'autre part, la réaction se fait très promptement. Les rapports des n°s 1, 2 et 3 nous montrent que l'intestin s'est accru après 8 jours seulement d'expériences. Les villosités ont subi des transformations intéressantes que nous allons analyser.

Au pylore, nous trouvons les crêtes habituelles, mais elles accentuent leur caractère en s'allongeant considérablement et en prenant une forme rubanée. Ces rubans dépassent parfois la longueur du diamètre et font le tour presque complet de l'intestin (fig. 8). Ce type de villosité se prolonge beaucoup plus en avant dans le duodenum que ce n'était le cas dans les séries précédentes. Chez le Rat normal, en effet, c'est à environ 5 centimètres du pylore que les crêtes font place aux villosités typiques. Au contraire, la plupart des individus carnivores présentaient encore à 12 cm. du pylore des villosités rubanées.

Peu à peu, ces rubans sont remplacés par des villosités plus courtes ; on retrouve la forme typique, mais plus basse et élargie, alternant avec des rubans au bord supérieur festonné (fig. 9). Les villosités des carnivores conservent leur forme allongée jusqu'au cæcum. En effet, les petites villosités de l'iléon ont un angle supérieur plus obtus que les villosités correspondantes des Rats normaux ; elles affectent même la forme d'un petit rectangle allongé. Cet allongement général de toutes les villosités fut accusé surtout chez les individus de la 2me génération.

Chez les Rats issus de parents omnivores ou chez des individus dont l'intestin ne s'est pas allongé dans de grandes propor-

tions (ex. la femelle n° 23), les villosités rubanées pyloriques se sont bien étendues sur une partie du duodenum, mais le reste de l'intestin était tapissé de villosités aux formes irrégulières sans être très allongées.

C. — *Régime lacté.*

Le régime végétal et le régime carné furent défectueux, l'un à cause de sa pauvreté en éléments albuminoïdes et l'autre à cause de sa toxicité; tous deux eurent pour résultat d'allonger l'intestin. Il fallait chercher un aliment plus nutritif que le régime omnivore naturel du Rat, afin d'établir une 3me série d'expériences qu'on put mettre en opposition avec les deux précédentes. Le lait nous a paru tout indiqué. Un mâle et une femelle furent séparés de la mère omnivore à l'âge de 25 jours et nourris dès lors exclusivement avec du lait de vache frais. Après 6 mois de régime, la femelle mit bas 5 petits qu'elle dévora aussitôt. 4 mois plus tard eut lieu une nouvelle ponte de dix petits qui ne furent pas conservés, enfin à 11 mois $^1/_2$ naquirent 9 petits que la mère soigna.

Malgré leur bonne santé, les jeunes eurent grand'peine à s'habituer à un régime uniquement liquide. Ils avaient un besoin impérieux de grignoter leur nourriture; des morceaux de bois étaient du reste toujours à leur disposition pour qu'ils puissent user leurs dents, mais la nourriture solide leur manquait à un tel point qu'ils mangeaient très souvent leurs propres excréments.

Des 5 femelles de la 2me génération, une, âgée de 3 mois $^1/_2$, mit bas 7 petits, mais elle périt aussitôt après.

Une autre femelle fut sacrifiée à l'âge de 10 mois $^1/_2$ sans qu'elle eût donné de petits.

Des deux femelles survivantes, l'une ne se reproduisit qu'à l'âge de 10 mois $^1/_2$ en donnant le jour à 4 petits; un mois plus tard elle mit bas encore 4 petits, enfin au bout d'un mois, 3 petits. Ces derniers seuls ont été soignés par la mère.

TABLEAU N° 6. — *Série nourrie au lait*

	Age	Sexe	Poids du corps	Longueur du corps	Longueur de l'intestin grêle	Longueur du gros intestin	Longueur totale de l'intestin	Rapport de la longueur du corps à la longueur totale de l'intestin	Dimensions du Cæcum		Poids du Foie	Circonférence de l'intestin		Rapport de la longueur du corps à la longueur de l'intestin grêle	Rapport de la longueur du gros intestin à la long. totale de l'intest.	Rapport du poids du corps à la longueur totale de l'intestin
			gr.	mm.	mm.	mm.	mm.		long. mm.	larg. mm	gr.	mm.	mm.			
1.	2me gén. 58 jours	♀	91	154	911	131	1042	6,76	47	15	—	int. grêle	gros int.	5,91	7,95	11,4
2.	3me » 63 »	♀	73	143	640	122	762	5,32	36	11	3,70	8	8 à 10	4,47	6,24	10,4
3.	» » 63 »	♂	87	150	811	128	939	6,26	44	15	—	10	6 à 8	5,40	7,33	10,8
4.	» » 64 »	♀	63	138	684	103	787	5,70	30	8	3,57	8 à 9	7	4,95	7,64	12,5
5.	2me » 113 »	♀	122	180	775	111	886	4,92	35	10	8,08	6 à 8	6 à 8	4,30	7,98	7,2
6.	» » 233 »	♂	200	195	768	144	912	4,67	45	13	11,38	—	8 à 10	3,93	6,33	4,5
7.	» » 250 »	♂	208	202	834	166	1000	4,95	45	12	9,720	7 à 8	6 à 9	4,12	6,02	4,8
8.	» » 258 »	♂	196	206	1033	154	1187	5,76	45	14	11,120	7 à 8	6 à 11	5,01	7,71	6,05
9.	» » 292 »	♀	190	186	894	145	1039	5,58	60	15	7,27	8	5 à 7	4,80	7,30	5.4
10.	1re » 1 an 7 »	♂	319	224	1029	170	1199	5,35	76	25	12,1	6 à 10	5 à 10	4,59	7,05	3,7
11.	2me » 1 an 59 »	♀	258	202	1100	170	1270	6,28	50	19	10,050	6 à 9	6 à 9	4,58	7,47	4,9
12.	» » 1 an 62 »	♀	220	202	1005	175	1180	5,84	42	14	8,470	6 à 8	6 à 9	4,56	6,74	5,3
13.	» » 1 an 63 »	♂	305	220	1100	185	1295	5,88	64	14	12,330	7 à 10	9 à 10	5.—	7,—	4,2

L'autre femelle attendit 11 mois avant d'avoir sa première portée et eut successivement, à un mois de distance, 3 portées fortes de 3, 5 et 2 petits. Elle n'en conserva aucune. L'idée que nous eûmes de donner aux femelles pleines le jour de la délivrance et pendant quelques jours après, un peu de pain et de viande, n'eut, comme on le voit, pas beaucoup de succès.

Nous devons remarquer, en premier lieu, que le lait fut beaucoup plus profitable aux mâles qu'aux femelles. La courbe de croissance des mâles monte avec une grande rapidité, et même lorsqu'ils furent adultes ils continuèrent d'augmenter un peu de poids pendant une année. Nous avons ainsi obtenu de véritables géants, dépassant les Rats normaux par le poids et par la taille.

Les femelles progressèrent normalement mais ne se reproduisirent que fort tardivement. La femelle de 1re génération eut sa première portée 3 mois en retard sur la moyenne normale, et les femelles de 2me génération se sont reproduites avec 7 et 8 mois de retard.

Grâce à ce retard dans la reproduction et à la voracité des femelles nous ne disposions que de 13 individus dont 1 de première génération, 9 de 2me et 3 de 3me.

Les nos 1 à 4 du tableau no 6 sont groupés ensemble, comme non adultes, et les 9 autres forment la catégorie des adultes.

La moyenne générale des 13 individus est de 5,63, accusant ainsi une réduction notable de l'intestin. La réaction de l'intestin, contrairement à ce que nous avons observé chez les carnivores, se fait graduellement. Ce sont en effet des individus âgés de 4 à 8 mois qui présentent la plus grande réduction, tandis que la moyenne des 4 plus jeunes est de 6,01. Celle des 9 adultes est de 5,47.

La réduction est inégalement répartie sur les deux parties de l'intestin. C'est le gros intestin qui s'est le plus raccourci, surtout chez les jeunes comme le prouvent les deux rapports 7,29 et 7,06 du tableau no 7.

Il est compréhensible que la masse des résidus est plus forte chez les adultes et arrête donc la réduction du gros intestin. Mais elle n'atteint cependant pas l'importance de celle observée chez les carnivores.

Le diamètre de l'intestin a lui-même varié, ce qui n'était pas le cas dans les séries précédentes; il a diminué très sensiblement. La moyenne de la circonférence de l'intestin grêle des adultes se maintient entre 6,6 et 8^{mm},6 et celle du gros intestin varie de 6,3 à 9^{mm},2. Nous avons, cette fois-ci, une différence assez notable pour qu'elle puisse avoir une signification : les moyennes correspondantes des séries précédentes variaient, en effet, entre 8 et 10^{mm} pour l'intestin grêle et 9 à 11 et 12^{mm} dans le gros intestin.

Nous pouvons donc enregistrer le fait d'une variation du diamètre de l'intestin, qui, loin de compenser un écart de la longueur de l'intestin, l'accentue au contraire.

Quand au cæcum, il tient la moyenne entre celui des herbivores et celui des carnivores.

Enfin, le 4me rapport (tableau n° 7) nous indique que pour 1 gramme du poids du corps, ce sont les Rats nourris au lait qui ont le moins de millimètres d'intestin, soit 5,1, (ceci pour les adultes, car le rapport 11,2 des jeunes est exactement le même que celui des Rats normaux du même âge).

Les villosités ont donné lieu à une variation très constante.

Les crêtes pyloriques sont plus élevées que d'ordinaire et profondément découpées, ce qui leur donne l'aspect d'une chaîne de villosités unies par leurs bases. Elles sont en petit nombre et ne persistent que sur 2 ou 3 centimètres de longueur. A 3 centimètres déjà du pylore, les villosités isolées ont remplacé les crêtes. Elles ont une forme régulière, très hautes et étroites (fig. 10). Leur ressemblance avec les villosités des jeunes Rats pendant la période de lactation est frappante : de temps en temps

apparaît, au milieu des villosités élevées, une forme normale rappelant que nous avons affaire à un individu adulte.

Les individus de 3me génération ont accentué ce caractère de la villosité. Bien qu'ils eussent plus de deux mois accomplis, leur système villeux semblait être resté tel quel depuis le premier mois. Les villosités diminuent en se rapprochant du cæcum, tout en restant un peu plus élevées que les villosités correspondantes normales.

Annexe. — Poids du Foie.

Nous avons fait figurer dans les différents tableaux le poids du foie.

Il existe une certaine relation entre le poids du foie et la longueur de l'intestin (FRAPPAZ 14). L'observation et l'expérimentation sont d'accord pour attribuer au foie des carnivores un plus grand volume qu'à celui des herbivores.

Nos recherches viennent aussi confirmer ce fait :

Les moyennes que nous donnons dans toutes les séries n'expriment le poids du foie que pour les adultes.

Le poids du foie varie beaucoup chez les Rats adultes normaux. Dans la série des 31 mesures du tableau n° 1, il oscille entre le minimum de 3gr,14 et le maximum 15gr,10. Cependant, la majorité des mesures se concentre entre 7 et 9gr, de sorte que la moyenne de 8,27 est suffisamment significative.

Le poids du foie des Rats végétariens est en moyenne de 5gr,42, accusant une forte réduction de cet organe ; un seul foie, celui du n° 28, pèse plus de 8gr.

Bien que la moyenne des carnivores repose sur 7 chiffres seulement, l'augmentation de poids de leur foie est évidente ; ce poids atteint chez un individu (n° 27) 17gr,7 et la moyenne monte à 10gr,75.

Le même résultat est enregistré chez les Rats nourris au lait dont le foie pèse en moyenne 10gr,06. Les écarts individuels sont

très faibles; le poids minimum est, en effet, de 7gr,27, et le maximum de 12gr,3.

Nous ferons remarquer cependant que, proportionnellement au poids du corps, l'augmentation du foie des carnivores est beaucoup plus forte que celle des individus nourris au lait.

TABLEAU n° 7. — MOYENNES GÉNÉRALES

1. Rapport intestinal. Longr totale intestin : longueur du corps.				2. Rappt de l'intestin grêle Longr. intestin grêle : longueur du corps.			
Moyennes des rapports du tableau n° 3 (influence de l'âge).							
Nos d'ordre	Age	Nombre d'individus mesurés	Rapports moyens	Nos d'ordre	Age	Nombre d'individus mesurés	Rapports moyens
1 à 12	1 à 2 jours	12	**4,17**	1 à 6 et 11	1 à 2 jours	7	**3 68**
13 à 21	5 à 15 »	9	**4,81**	14 à 21	10 à 15 »	8	**4,03**
22 à 34	17 à 25 »	13	**5,42**	22 à 26 31 à 34	17 à 25 »	9	**4,44**
35 à 50	26 à 36 »	16	**6,49**	35 à 50	26 à 36 »	16	**5,48**
51 à 63	37 à 52 »	13	**6,28**	51 à 63	37 à 52 »	13	**5,29**
64 à 76	58 à 108 »	9	**6,25**	64 à 76	58 à 108 »	9	**5,28**
(excepté 66. 67. 70. 71)				(excepté 66. 67. 70. 71)			
77 à 81	138 à 158 »	5	**5,95**	77 à 81	adultes.	5	**4,97**
Moyennes des rapports du tableau n° 4 (régime végétarien).							
1 à 6	44 à 110 jours	6	**6,77**	1 à 6	44 à 108 jours	6	**5,58**
7 à 28	174 à 1 an 279 »	22	**6,14**	7 à 28	174 à 1 an 279 »	22	**5,06**
adultes expérimentés		6	**6,28**	adultes expérimentés		6	**5,12**
Moyennes des rapports du tableau n° 5 (régime carné).							
1 à 10	34 à 63 jours	10	**8,37**	1 à 10	34 à 63 jours	10	**7,37**
11 à 20	67 à 85 »	10	**7,74**	11 à 20	67 à 85 »	10	**6,76**
21 à 29	199 à 1 an 237 »	9	**6,63**	21 à 29	199 à 1 an 237 »	9	**5,75**
adultes expérimentés		4	**7,45**	adultes expérimentés		4	**6,45**
Moyennes des rapports du tableau n° 6 (régime lacté).							
1 à 4	58 à 113 jours	4	**6,01**	1 à 4	58 à 113 jours	4	**5,18**
5 à 13	233 à 1 an 63 »	9	**5.47**	5 à 13	233 à 1 an 63 »	9	**4,48**

TABLEAU n° 7. — MOYENNES GÉNÉRALES (suite).

3. Rapport du gros intestin. Longr totale intestin : longueur gros intestin.				4. Nombre de millimètres d'intestin pour 1 gr. du poids du corps. Longueur totale intestin : poids du corps.			
Moyennes des rapports du tableau n° 3 (influence de l'âge).							
Nos d'ordre	Age	Nombre d'individus mesurés	Rapports moyens	Nos d'ordre	Age	Nombre d'individus mesurés	Rapports moyens
1 à 6 et 11	1 à 2 jours	7	**7,88**	1 à 6, 10 à 12	1 à 2 jours	9	**44,3**
14 à 26, 31 à 34	10 à 25 »	17	**6,25**	14 à 34	10 à 25 »	21	**30,0**
35 à 65	26 à 58 »	31	**6,74**	35 à 65	26 à 58 »	30	**15,0**
68, 69, 72 à 78	61 à 108 »	7	**6,64**	68, 69, 72 à 76	61 à 108 »	7	**11,2**
77 à 81	adultes	5	**6,—**	77 à 81	adultes	5	**6,8**
Moyennes des rapports du tableau n° 4 (régime végétarien).							
1 à 6	44 à 110 jours	6	**5,65**	1 à 6	44 à 110 jours	6	**15,8**
7 à 28	174 à 1 an 279 jours	22	**5,57**	7 à 28	174 à 1 an 279 jours	22	**8,5**
adultes expérimentés		6	**5,49**	adultes expérimentés		6	**5,5**
Moyennes des rapports du tableau n° 5 (régime carné).							
1 à 10	34 à 63 jours	10	**7,82**	1 à 9	34 à 59 jours	9	**32,4**
11 à 20	67 à 85 »	10	**7,96**	11 à 20 excepté 14	67 à 85 »	9	**18,1**
21 à 29	199 à 1 an 237 jours	9	**7,55**	21 à 29	199 à 1 an 237 jours	9	**8,6**
adultes expérimentés		4	**7,39**	adultes expérimentés		4	**7,8**
Moyennes des rapports du tableau n° 6 (régime lacté).							
1 à 4	58 à 113 jours	4	**7,29**	1 à 4	58 à 113 jours	4	**11,2**
5 à 13	233 à 1 an 63 jours	9	**7,06**	5 à 13	233 à 1 an 63 jours	9	**5,1**

IV. — Considérations générales.

Les résultats des expériences que nous avons décrites dans les chapitres précédents n'ont pas toujours confirmé les conclusions de l'anatomie comparée.

Le régime carné et le régime végétal, qu'on oppose souvent l'un à l'autre, et dont la composition chimique est si différente, ont tous deux provoqué une augmentation de surface de l'intestin chez le Rat blanc.

Nous rechercherons, dans ce chapitre, quel est le mode d'action de chacun des régimes employés, et quelle importance il faut attribuer à l'influence mécanique et aux propriétés chimiques des aliments.

En premier lieu, ces expériences nous ont démontré que le Rat est un animal éminemment adapté à son régime mixte : il a constamment besoin d'une nourriture variée dont les éléments sont empruntés aux règnes végétal et animal.

On peut se demander, dès lors, si un animal de cette catégorie est bien capable de supporter un régime composé d'une seule sorte d'aliments. Il faudrait, pour de telles expériences, employer un omnivore parfait qui, dans la nature, change de régime de temps à autre, s'astreigne à une nourriture unique pendant un certain temps, pour en choisir une autre ensuite, suivant les saisons, par exemple; il faudrait surtout que cet animal possédât un tube digestif peu différencié.

Ces conditions peuvent se rencontrer chez les Vertébrés inférieurs. La Grenouille, par exemple, est franchement omnivore durant son évolution; aussi peut on varier beaucoup plus les expériences sur les Têtards que sur les Vertébrés supérieurs.

Le Rat ne remplit pas les conditions énoncées plus haut, mais il paraît être le Mammifère le plus susceptible de se déshabituer de son régime normal pour s'adapter à un autre.

Les expériences tentées sur d'autres Mammifères ont donné des résultats contradictoires :

Houssay rapporte que des expériences entreprises sur des Chiens ne purent être longtemps continuées parce que les sujets nourris exclusivement avec de la viande de Cheval périrent au bout de quelques semaines.

Dans les expériences de Roudkoff, au contraire, de jeunes Chiens nourris à la viande de Cheval progressèrent normalement, tandis que ceux qui recevaient une bouillie de pain et de viande accusaient une augmentation de poids moins rapide.

D'autre part, les Chiens nourris de céréales ne purent supporter ce régime.

Le lait est l'aliment que les Rats ont le mieux supporté. ROUDKOFF rapporte que les Chiens à qui il ne donnait que du lait souffraient de diarrhées, tout en augmentant normalement de poids. Nous n'avons pas eu d'accidents de ce genre à enregistrer, les selles de nos animaux étaient très consistantes.

Les femelles n'ont cependant pas aussi bien profité de ce régime que les mâles; leur courbe de croissance est normale, tandis que celle des mâles atteste une augmentation de poids extraordinaire. Nous voyons, en effet, parmi les quatre plus vieux sujets de la série (tableau n° 6) deux mâles dépasser le poids de 300gr., tandis que les deux femelles atteignent 220 et 250gr.

L'action de cet aliment complet, meilleur que le régime normal, semble-t-il, puisqu'il a activé la croissance chez les mâles tout au moins, s'est traduite sur l'intestin par une réduction de sa surface.

La réduction du gros intestin est la plus accentuée; elle s'affirme dès le premier mois, atteignant son maximum chez les individus âgés de 2 à 3 mois. L'intestin grêle, au contraire, diminue graduellement; il suit d'abord le mouvement d'accroissement rapide que subit le corps dans le courant du deuxième mois, puis s'arrête bientôt dans son développement tandis que le corps continue à grandir. Le fait le plus curieux, c'est que le diamètre lui-même se réduit sensiblement, tandis qu'il n'est pas modifié par les autres régimes.

Tout concourt donc, dans le régime lacté, à la réduction de la surface intestinale; le cæcum seul n'est pas réduit.

Dans la plupart des observations et des expériences antérieures aux nôtres, la variation du diamètre se faisait dans le sens inverse à celle de la longueur. Le diamètre est toujours considéré par les auteurs comme un compensateur des écarts qui se produisent dans la longueur.

Cependant, selon BABAK, sous l'influence mécanique de la cellulose, l'intestin s'allonge et s'élargit en même temps, mais cet auteur ne connaît pas de cas où il y ait diminution des deux dimensions.

La chair de Mollusque, par exemple, agit sur l'intestin du Têtard en diminuant sa longueur, mais en augmentant son diamètre. La surface est ainsi réduite sans que la capacité de l'intestin soit sensiblement changée : c'est la conséquence d'un ralentissement dans l'activité digestive ou dans l'absorption de l'intestin.

Chez les Rats nourris au lait, la surface et la capacité du tube digestif sont diminuées. C'est là le résultat du caractère très spécial de la nourriture lactée : le manque d'action mécanique et la composition chimique la plus favorable à la digestion.

L'activité chimique de la digestion se produit dans l'estomac et dans le duodenum ; l'absorption a lieu plus bas, dans le milieu de l'intestin grêle où les villosités atteignent le plus grand développement. Les résultats d'une action mécanique des résidus insolubles des aliments se feront sentir de préférence dans le cæcum et dans le gros intestin où ces résidus sont groupés en masses compactes pour être expulsés.

L'action chimique et l'action mécanique des aliments se localisent ainsi dans les différentes portions de l'intestin, ce qui nous permet de mieux discerner l'importance de chacune d'elles, distinction que l'on ne peut faire chez les Têtards par exemple.

Le lait caillé forme, dans l'intestin, une substance semi-liquide semi-solide, floconneuse, sans consistance, ne pouvant opérer sur les parois aucune pression violente, ce qui permet aux villosités de conserver une forme régulière et très élevée.

La villosité, chez le jeune Rat allaité par la mère, occupant par sa forme élevée tout l'espace compris entre la surface épithéliale et le centre du lumen de l'intestin, est appropriée à une absorption énergique, sans pour cela offrir une grande surface.

Or, comme nous l'avons vu, la villosité, chez le Rat adulte soumis au régime lacté, conserve cette forme jeune et par conséquent ne contribue pas non plus à augmenter la surface d'absorption.

Nous avons aussi suffisamment démontré le rapport entre la brièveté du gros intestin et le manque de substances indigestes dans le lait. Le lait se transforme en grande partie dans l'estomac sous l'action du lab ferment; son absorption ne réclame pas une grande surface. L'intestin grêle diminue sa longueur et son diamètre en conservant cette forme de villosité caractéristique du jeune, capable d'une rapide absorption. Enfin, la part du manque d'action mécanique dans la réduction de l'intestin grêle ne pourra s'élucider qu'après l'étude de l'action des autres régimes.

Des deux régimes, végétal et carné, c'est ce dernier qui fut le moins favorable.

Dans la série des Rats carnivores, de même que dans celle des Rats nourris au lait, ce sont les mâles qui s'adaptèrent avec le moins de difficulté au nouveau régime.

Les numéros 4 et 12 qui, parmi les jeunes, attestent un poids normal, sont des mâles. De plus, parmi les 5 individus qui ont dépassé l'âge de 1 an, les 3 mâles ont respectivement les poids de 259 gr., 293 gr., et 257 gr., tandis que les 2 femelles pèsent l'une 140 gr. et l'autre 135 gr.

A part les individus cités plus haut, la plupart des sujets carnivores atteignent un poids variant entre 50 et 80 grammes et s'arrêtent ensuite de croître, formant une véritable race naine.

Tandis que le corps reste stationnaire, l'intestin prend un développement exagéré.

La surface intestinale est hors de proportion, comparée au poids du corps; cette anomalie est plus accentuée chez les jeunes individus que chez les adultes.

Comme nous l'avons montré dans le chapitre précédent, il suffit de 8 jours d'expérience pour provoquer un allongement excessif de l'intestin.

Quelle peut être la part mécanique dans cette action si énergique de la viande sur le tube digestif?

On choisissait les morceaux de bonne qualité, ne contenant que peu de graisse, et peu de tendons, aponévroses ou autres tissus indigestes. Aussi l'aliment formait-il, dans l'intestin, une bouillie sans consistance, dépourvue de résidus ou particules solides capables d'une action mécanique sur les parois.

Dans le gros intestin, les excréments peu nombreux, en forme de boulettes réunies en chapelets, occupaient un volume encore inférieur à celui des excréments des Rats nourris au lait.

Nous pourrons conclure que, dans l'intestin grêle, l'action mécanique de la viande n'est pas appréciable et que, dans le gros intestin, elle est encore plus faible que celle du lait.

Comme preuve de cette affirmation, nous observons que le gros intestin des Rats carnivores présente le maximum de réduction; le rapport de la longueur du gros intestin à la longueur totale du tube digestif, chez les carnivores âgés de 2 à 3 mois, atteint en effet le chiffre de 7,96. Cette moyenne est supérieure même à celle des nouveau-nés du tableau n° 3.

On pourrait nous objecter que les Rats carnivores avalaient peut-être une très grande masse de viande et que le volume de cette quantité d'aliment serait la cause de l'allongement de l'intestin grêle.

Nous avons essayé de résoudre cette question et de nous rendre compte de la quantité de nourriture, en poids, que les Rats soumis aux différents régimes prennent par jour.

Nous avons isolé 6 individus, 2 de chaque régime, âgés de 1 à 2 mois, pendant 30 jours environ.

La nourriture que nous leur donnions était pesée et distribuée chaque jour à 5 heures du soir. Le lendemain à midi, on pesait les restes non consommés du repas et la différence nous donnait la quantité d'aliments consommés pendant 1 jour; on prenait le poids des Rats à 5 heures du soir avant le repas.

TABLEAU N° 8

Tableau des quantités d'aliments qu'absorbent en un jour, des Rats âgés de 1 à 2 mois et astreints à des régimes différents.

Régime végétarien.

	Age	Ration [1]	Poids du Corps	Rapports Poids : ration	Rapports Ration : poids
Individu A.	38 jours	49 grammes	49 grammes	1,—	1,—
	41	50	51	1,02	0,98
	42	53	51	0,96	1,03
	43	55	52	0,94	1.05
	44	55	53	0,96	1,03
	45	53	52	0,98	1.01
	48	49	55	1,12	0,89
	49	54	55	1.04	0,98
	50	58	56	0,96	1,03
	51	47	56	1,19	0.83
	52	44	58	1,31	0,75
	55	53	58	1,09	0,91
	56	53	58	1,09	0,91
	57	60	63	1.05	0,95
	58	55	66	1,20	0,83
	59	44	62	1,40	0,70
Moyenne :		**52**		**1,08**	**0,93**
Individu B.	38 jours	51 grammes	55 grammes	1,07	0,92
	41	55	55	1,—	1,—
	42	58	56	0,96	1,03
	43	56	57	1,01	0,98
	44	56	59	1.05	0,94
	45	40	59	1,47	0,67
	48	36	59	1,63	0,61
	49	52	61	1,17	0,85
	50	53	63	1,18	0,84
	51	50	63	1,26	0,78
	52	35	64	1,82	0,54
	55	60	65	1,08	0,92
	56	57	67	1,17	0,85
	57	51	67	1.31	0.76
	58	58	70	1,20	0,82
	59	43	69	1,60	0,62
Moyenne :		**50,7**		**1,24**	**0,82**

[1] *Ration* signifie la quantité de nourriture en poids consommée pendant 1 jour.

TABLEAU N° 8 (Suite)

Régime carné.

	Age	Ration	Poids du Corps	Rapports Poids : ration	Rapports Ration : poids
Individu A.	36 jours	15 grammes	43 grammes	2,86	0,34
	37	18	46	2,55	0,38
	38	23	48	2,08	0,47
	41	27	49	1,81	0,55
	42	26	49	1,88	0,53
	43	33	51	1,54	0,64
	44	28	51	1,82	0,54
	45	27	52	1,96	0,51
	48	34	55	1,61	0,61
	49	27	58	2,14	0,46
	50	30	61	2,03	0,49
	51	31	61	1,96	0,50
	52	23	61	2,65	0,37
	55	32	61	1,90	0,51
	56	30	63	2,10	0,47
	57	28	64	2,28	0,43
	58	28	66	2,35	0,42
	59	21	65	3,09	0,32
Moyenne :		**26,2**		**2,14**	**0,47**
Individu B.	36	14	37	2,64	0,37
	37	20	41	2,05	0,48
	38	18	41	2,27	0,43
	41	24	46	1,91	0,52
	42	27	47	1,74	0,57
	43	23	47	2,04	0,48
	44	27	49	1,81	0,55
	45	16	48	3.—	0,33
	48	26	50	1,92	0,52
	49	19	52	2,73	0,36
	50	20	53	2,65	0,37
	51	21	53	2,52	0,39
	52	20	54	2,70	0,36
	55	14	55	3,92	0,25
	56	26	57	2,19	0,45
	57	26	57	2,19	0,45
	58	15	55	3,66	0,27
	59	23	56	2,43	0,41
Moyenne :		**21,05**		**2,46**	**0,42**

TABLEAU N° 8 (fin).

Régime lacté.

	Age	Ration	Poids du Corps	Rapports Poids : ration	Rapports Ration : poids
Individu A.	56 jours	52 grammes	89 grammes	1,71	0,58
	57	36	92	2,55	0,39
	58	38	94	2,47	0,40
	63	34	108	3,17	0,31
	64	38	107	2,81	0,35
	65	59	111	1,88	0,53
	68	42	115	2,76	0,36
	69	49	115	2,34	0,42
	70	59	114	1,93	0,51
	71	59	115	1,94	0,51
	72	56	116	2,07	0,48
	75	51	120	2,35	0.42
	76	49	123	2,51	0,39
	77	26	123	4,73	0,21
	78	42	122	2,90	0,35
	79	53	123	2,32	0.43
	82	70	128	1,82	0,54
	83	62	128	2,06	0,48
	84	59	128	2,16	0,46
	86	54	129	2,38	0,41
Moyenne :		**49,4**		**2,44**	**0,42**
Individu B.	56	43	92	2,13	0,46
	57	34	96	2,82	0,35
	58	36	98	2,72	0.36
	63	53	112	2,11	0,47
	64	51	114	2,23	0,45
	65	69	119	1,72	0,57
	68	53	125	2,35	0,42
	69	59	127	2,15	0,46
	70	67	129	1,92	0,51
	71	56	133	2,37	0,42
	72	50	136	2,72	0,36
	75	62	139	2,24	0,44
	76	50	142	2,84	0,35
	77	36	145	4,02	0,24
	78	48	142	2,95	0,33
	79	51	144	2,82	0,36
	82	70	150	2,14	0,46
	83	76	149	1,96	0,46
	84	60	156	2,60	0,38
	86	53	159	3,—	0,33
Moyenne :		**53,85**		**2,49**	**0,40**

Ce sont là des mesures très approximatives, car nous n'avons pas tenu compte de l'évaporation de l'eau dans les légumes ou dans le lait, ni de la dessiccation de la viande, etc... Elles nous permettent cependant de constater que les quantités d'aliments prises par jour sont très constantes pour chaque individu et que ces animaux savent parfaitement régler d'eux-mêmes leur alimentation ; la quantité variable de nourriture qui leur était distribuée chaque soir ne les engageait pas à manger plus ou moins.

Les plus grands écarts se trouvent dans le régime lacté.

La quantité moyenne de nourriture que chacun des 6 sujets expérimentés a prise par jour est la suivante :

régime végétarien	A 52 gr	B 50 gr,7
régime lacté	A 49 gr,4	B 53 gr,8
régime carné	A 26 gr,2	B 21 gr

TABLEAU N° 9.

Tableau des quantités d'aliments consommés pendant 1 jour par des Rats adultes végétariens, carnivores et nourris au lait.

	Régime végétarien.		Régime carné.		Régime lacté.	
Date.	Ration.	Poids du corps.	Ration.	Poids.	Ration.	Poids.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
3 VII 07. 5 h. soir.	65	144	36	133	48	191
4 » »	48	144	40	137	65	188
5 » »	50	144	36	138	69	192
6 » »	50	145	34	139	32	194
9 » »	54	148	33	138	50	190
10 » »	49	147	37	140	60	189
11 » »	52	147	40	141	57	187
12 » »	53	147	37	140	28	187
13 » »	66	148	36	142	50	188
16 » »	51	152	33	139	47	189
17 » »	69	150	34	141	51	190
18 » »	77	152	40	142	53	190
19 » »	72	151	38	141	65	191
20 » »	61	151				
Moyennes.	**58,3**		**36,4**		**51,1**	

Nous avons entrepris plus tard une nouvelle série de pesées avec 3 individus adultes, dont les résultats sont les suivants :

régime végétarien	58 gr,3
régime lacté	51 gr.1
régime carné	36 gr,4

La quantité de nourriture que prennent les Rats carnivores, par jour, est donc très inférieure en poids à celle des rations correspondantes de végétaux ou de lait des sujets des autres séries.

D'après nos recherches, il pénètre par jour dans l'intestin du Rat carnivore adulte, une quantité de nourriture pesant 22 grammes de moins que celle qu'avale un Rat végétarien et cette différence est encore plus accusée chez les jeunes.

Nous ne pouvons donc attribuer au volume ou à la masse qu'occupe la viande dans le tube digestif une action quelconque qui soit en rapport avec l'allongement extraordinaire de l'intestin grêle.

Il nous faut alors admettre que cette action spéciale de la nourriture carnée sur l'intestin du Rat réside dans la nature, la composition chimique des éléments qui la forment.

Il est encore plus exact de dire que la longueur de l'intestin grêle de ces Rats carnivores est la résultante des rapports existant entre la nature chimique des éléments constituant la viande et les propriétés chimiques des éléments constituant la muqueuse intestinale.

Aussi l'action d'un même aliment peut-elle avoir des résultats très variés, quand elle a lieu sur des tubes digestifs d'animaux appartenant à des espèces différentes. Voici quelques exemples :

Houssay et Schepelmann ont employé tous deux la viande de Cheval pour constituer le régime carné dans leurs expériences; or, tandis que les Poules de Houssay augmentent de poids sous l'influence de l'alimentation carnée pendant les premières générations et raccourcissent sensiblement leurs intestins, les Oies

carnivores de SCHEPELMANN supportent mal leur régime, augmentent peu de poids, et leurs intestins s'allongent.

CRAMPE (10 p. 711) a observé des Chats qui se nourrissaient de viande exclusivement; ce régime ne convint pas à ces animaux qui dépérirent, et l'on constata à l'autopsie un allongement considérable de l'intestin. Les Chiens carnivores de ROUDKOFF (voir historique) au contraire, progressent normalement et réduisent la longueur de leurs intestins.

Dans ces exemples, nous voyons que la dimension du tube digestif est uniquement dépendante de la plus ou moins grande difficulté d'adaptation de ces organes à un nouvel aliment, et que les propriétés physiologiques de l'intestin varient chez des espèces voisines, dans une même classe de Vertébrés.

Il s'agit maintenant de rechercher quel est le caractère chimique spécial de la nourriture carnée qui provoque une réaction aussi intense de l'intestin grêle.

Nous avons vu que la ration quotidienne d'un Rat végétarien adulte était de $58^{gr},3$, celle d'un Rat nourri au lait de $51^{gr},1$, et celle d'un Rat carnivore de $36^{gr},4$. On peut se rendre compte facilement des quantités proportionnelles d'albuminoïdes, d'hydrates de carbone et de sels que contiennent les 3 rations citées plus haut. Nous les avons calculées en nous basant sur les chiffres qui sont indiqués dans le *Traité de Physiologie humaine* de LANDOIS. Trad. Moquin Tandon, Paris, 1893, (composition du lait p. 415. — viande p. 418, d'après SCHLOSSBERGER et V. BIBRA, — pommes de terre d'après ZÖLLER).

Les résultats sont les suivants : la ration quotidienne de lait contient $2^{gr},55$ de matières albuminoïdes, $4^{gr},23$ de matières non azotées et $0^{gr},3$ de sels. La ration quotidienne de viande contient (d'après les mesures de SCHLOSSBERGER et V. BIBRA prises sur la viande de Bœuf; les proportions des éléments dans les différentes viandes varient très peu.) $5^{gr},10$ d'albuminoïdes, $7^{gr},38$ d'hydrates de carbone et $0^{gr},9$ de sels. Enfin la ration des végé-

tariens composée d'environ 40 gr. de pommes de terre et 18 gr. de salades contient 0,60 d'albuminoïdes, 9 d'hydrates de carbone et $4^{gr},54$ de sels (dont $4^{gr},4$ contenus dans les salades).

Ces chiffres nous montrent, en premier lieu, que tout en occupant dans l'intestin un plus petit volume que les autres aliments, la ration de viande offre à l'activité de cet organe une plus grande quantité d'éléments nutritifs; les 5 grammes d'albuminoïdes qui pénètrent chaque jour dans le tube digestif du Rat carnivore demandent une plus grande surface d'absorption que les deux grammes contenus dans la ration de lait.

Enfin, il nous faut attribuer une influence prépondérante à la qualité même des albumines constituant la chair du Cheval. Celle-ci est très toxique et plus difficilement assimilable que les albuminoïdes du lait par exemple; à doses égales l'intestin du carnivore doit donc offrir une plus grande surface de digestion et d'absorption que celui du Rat nourri au lait, et à plus fortes raisons quand la quantité d'albuminoïdes provenant de la viande est 2 fois plus considérable que la quantité de matières azotées du lait.

La viande de Cheval joue ici le même rôle que la chair d'Ecrevisse sur les Têtards dans les expériences de Babak. Sous son influence, l'intestin des larves de Grenouilles s'était allongé presqu'autant que celui des larves herbivores, tandis qu'il présentait une forte réduction sous l'action de la chair de Mollusque. Houssay émet l'idée que les animaux recouverts de chitine comme les Insectes, les Crustacés, etc.... ont une chair très toxique. L'élimination de ces toxines aurait comme résultat l'élaboration de leur carapace. L'observation de Babak vient à l'appui de cette idée ; la chair d'Ecrevisse est un aliment plus toxique, donc moins assimilable, que celui fourni par les Mollusques, par exemple, et réclame par conséquent une surface intestinale plus grande.

Les 5 grammes d'albuminoïdes contenus dans la ration quo-

tidienne de viande de Cheval réclament donc de la part de l'intestin du Rat carnivore non seulement une surface d'absorption plus grande, mais aussi une augmentation de la surface de digestion.

C'est le duodénum, et surtout sa partie supérieure, qui constitue la région digestive de l'intestin. Elle avoisine l'estomac; le pancréas et le foie y déversent leurs produits (le canal cholédoque débouche à 2^{cm} du pylore) et les villosités y ont une forme particulière qui n'est pas compatible avec une absorption intense. Or, nous avons attiré l'attention, dans le chapitre précédent, sur le fait que, chez les Rats carnivores, les villosités pyloriques rubanées se prolongeaient fort en avant dans l'intestin, tandis qu'elles n'existent que sur 5^{cm} de longueur chez les Rats normaux.

Ceci nous indique que cette partie de l'intestin s'est allongée et que l'activité digestive de cet organe a lieu sur une plus grande surface; les éléments peu digestibles de la viande de Cheval sont ainsi plus longtemps en contact avec les ferments.

L'allongement de l'intestin que nous avons observé chez les Rats végétariens a un tout autre caractère que celui des carnivores. Les sujets de la série végétarienne se sont adaptés sans trop de difficultés à leur régime. Au commencement des expériences, le pain a suppléé à la pauvreté du régime purement végétal, mais les individus de 2me et 3me générations se sont contentés des ressources nutritives de la pomme de terre.

Les Rats végétariens ont progressé lentement mais plus régulièrement que les carnivores; ils n'ont pas présenté des cas de maladie ou de mort subite ou de perte de poids, résultats d'une surintoxication. 10 individus du Tableau n° 5 ont vécu plus d'un an et deux couples de 2me génération se sont reproduits mais avec un grand retard.

Le tube digestif de ces animaux s'est trouvé en présence d'une nourriture riche en hydrates de carbone et en sels, pauvre en

albuminoïdes et encombrée d'une masse importante de cellulose. En été, la quantité de salade consommée est beaucoup plus considérable qu'en hiver.

L'allongement de l'intestin total exprimé par les moyennes 6,77 - 6,14 et 6,27 peut être dans ce cas le résultat d'une action mécanique de la nourriture.

L'intestin grêle s'allonge dans une certaine mesure chez les jeunes végétariens, comme l'indique la moyenne de 5,58 (Tableau n° 7), mais se rapproche de la normale chez les adultes.

L'allongement du gros intestin est au contraire très marqué et s'accentue avec l'âge; son diamètre a de même subi une légère augmentation. Le cæcum est aussi très développé, particulièrement chez les individus qui ont subi le plus longtemps le régime végétal.

Rien ne décèle une action chimique du gluten, ou des autres protéïnes sur la muqueuse intestinale. Ces substances sont du reste en trop petites quantités pour que leur action possible soit discernable à côté de l'influence mécanique de la cellulose.

Au contraire, l'amidon est une substance très facilement décomposée ainsi que les autres hydrates de carbone; les protéïnes végétales, le gluten entre autres, ont une toxicité nulle et sont aussi facilement digérés.

Nous ne pouvons donc appliquer aux Mammifères les résultats enregistrés par Babak, sur les larves de Grenouilles, en ce qui concerne l'influence de l'alimentation végétale.

L'intestin des Rats herbivores s'allonge, s'élargit: ses villosités prennent des formes déchiquetées, irrégulières, nous avons là tous les caractères d'une action mécanique des aliments.

Nous avons tenté, dans ce chapitre, de définir l'action propre de divers aliments sur le tube digestif du Rat. Le régime végétal et le régime carné ont eu le même résultat, soit l'augmentation de la surface intestinale, mais leurs modes d'action étaient exactement contraires.

Il nous reste à rechercher quelles peuvent être les relations entre l'expérimentation et l'anatomie comparée et dans quelle mesure les problèmes que se pose cette science peuvent être élucidés par l'expérience.

Des expériences antérieures aux nôtres, les unes semblent confirmer les observations de l'anatomie comparée, les autres les contredire. Et, de plus, nous constatons des exceptions aux règles que l'on avait déduites de ces observations; les Hyènes, les Phoques, etc.... sont des Carnivores dont le tube digestif est très développé.

D'autre part, il ne faut pas songer à donner une explication directe des lentes adaptations qui ont dû se produire dans le cours de périodes plus ou moins longues, en se basant sur des expériences qui n'ont duré que l'espace de quelques années.

L'utilité de l'expérimentation consiste à nous révéler le mode d'action des aliments en rapport avec la constitution du tube digestif qui les reçoit. Nos expériences nous ont montré que la réaction de l'intestin, se traduisant par un allongement de cet organe, sous l'influence d'éléments chimiques difficilement assimilables, était beaucoup plus intense que sous l'action mécanique de matières indigestes.

Ceci nous permet d'émettre la supposition suivante :

Les premiers Carnivores descendant de Marsupiaux plus ou moins omnivores se sont trouvés en présence d'aliments trop riches en albuminoïdes ; ils ont dû adapter leur tube digestif à l'absorption de ces substances, et cette adaptation ne s'est pas faite sans de grandes difficultés et avec l'aide du temps, comme nos expériences nous le montrent.

Houssay ne dit-il pas dans la conclusion de son travail : « En présence des difficultés d'adaptation au régime carné, on peut se demander comment il y a des Carnivores dans la nature. » (Houssay, 16, page 293).

Nous nous représentons naturellement que ces premiers Carni-

vores dont le tube digestif n'est pas suffisamment adapté au point de vue chimique à la digestion et à l'absorption d'aliments purement carnés, ont allongé leur intestin pour augmenter la surface d'absorption et pour que ces albuminoïdes difficiles à dissocier soient le plus longtemps possible en présence des ferments du suc digestif.

Puis, pendant la longue évolution des Carnivores, des Créodontes de l'eocène inférieur jusqu'aux Carnassiers actuels, le tube digestif s'est peu à peu adapté au régime exclusivement carné. L'acte de digestion devenant plus facile, la surface intestinale se réduit de nouveau. Pour certaines espèces, l'adaptation ne s'est pas faite complètement et l'intestin est demeuré long (Phoques, Hyènes, etc.) d'autres ont évolué rapidement.

L'action chimique d'un même aliment carné varie selon l'appareil digestif de chaque espèce (ex. : Oie, Poule); elle peut se transformer; ses résultats ne sont pas permanents. Il en est autrement de la nourriture végétale; son action qui est, selon nous, avant tout d'ordre mécanique, demeure toujours la même.

L'intestin des Herbivores s'allonge, s'élargit sous la pression des matières indigestes qui le remplissent. Sa réaction est donc mécanique, elle ne peut disparaître ou se transformer; ce n'est pas une adaptation fonctionnelle. La longueur du tube digestif des Herbivores persiste, parce que la masse des résidus insolubles de la nourriture végétale ne peut diminuer.

CONCLUSIONS

1° Le rapport de la longueur du corps à la longueur de l'intestin du Rat (*Mus rattus* et var. albinos.) à l'âge adulte et sans distinction de sexe peut être évalué à 6 : 1.

2° Ce rapport est subordonné à divers facteurs dont les plus importants sont l'âge, le sexe, le régime.

3° Le rapport intestinal est plus élevé chez la femelle que chez le mâle. La moyenne des rapports de 25 mâles est de 5,77 tandis que celle de 20 femelles s'élève à 6,20.

4° L'âge est, sans contredit, le facteur qui exerce la plus grande influence sur le rapport intestinal. La variation de celui-ci pendant la période de croissance du Rat s'exprime par une courbe à un sommet. En effet, la longueur relative de l'intestin du nouveau-né est de 4,17; elle s'élève rapidement à 6.49 chez les individus âgés de 1 mois et s'abaisse de nouveau pour atteindre, 3 mois après la naissance, la moyenne normale 6.

5° Les villosités intestinales, en variant leur forme, peuvent dans une certaine mesure modifier la surface d'absorption de l'intestin. Chez le nouveau-né, elles sont cylindriques; pendant la période de lactation elles sont remplacées par d'autres villosités plates assez hautes et étroites. Pendant le cours du deuxième mois, la forme large, semi lunaire, à bord supérieur festonné, s'établit peu à peu.

6° L'action du régime végétal sur l'intestin est avant tout mécanique, parce qu'elle se manifeste par un allongement faible de l'intestin grêle et plus accentué du gros intestin et du cæcum.

7° Au contraire, l'accroissement excessif que présente l'intestin des Rats carnivores porte tout entier sur l'intestin grêle: la partie digestive, c'est-à-dire le duodenum supérieur, en particulier, a subi un allongement notable. Le gros intestin et le cæcum d'autre part sont fortement réduits. Il ne peut donc pas être question d'une action mécanique de la nourriture carnée.

8° La longueur de l'intestin grêle des Rats carnivores est la résultante des rapports existants entre la nature chimique des éléments constituant la viande et les propriétés chimiques des éléments constituant la muqueuse intestinale.

9° Le lait constitue un aliment idéal; son action mécanique est nulle, et ses éléments chimiques sont facilement digérés et absorbés par la muqueuse intestinale. Aussi la réaction du tube

digestif consiste-t-elle en une réduction de l'intestin tout entier se répercutant sur le diamètre aussi bien que sur la longueur du gros intestin et de l'intestin grêle. Les villosités ont une forme analogue à celles des jeunes individus pendant la période de lactation; elles n'augmentent pas la surface intestinale mais sont adaptées à une absorption énergique et rapide.

10° L'intestin court des Carnivores dans la série des Vertébrés est le résultat d'une très lente adaptation fonctionnelle à la digestion et à l'absorption d'une nourriture purement carnée.

11° Le grand développement de l'intestin des Herbivores est le résultat de l'action mécanique permanente des résidus insolubles de la nourriture végétale.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1. Babak, E. *Ueber den Einfluss der Nahrung auf die Länge des Darmkanals.* Biolog. Centralbl., Band XXIII, n° 13. 14. 15, 1903.
2. Id. *Experimentelle Untersuchungen über den Einfluss der Nahrung auf die Länge des Darmkanals.* Centralbl. für Physiol., Band XXIII, n° 21, 1905.
3. Id. *Experimentelle Untersuchungen über die Variabilität der Verdauungsröhre.* Arch. für Entw.-Mech., Band XXI, 4. Heft, 1906.
4. Baumgart, Martin. *Vergleichende Untersuchungen über Mus rattus und Mus decumanus.* Inaug. Dissertation, Zürich, sans date.
5. Beneke. *Ueber die Länge und Capazität des menschlichen Darmkanals.* Marburger Sitzungsber., n° 7, Oct. 1879.
6. Id. *Ueber die Länge des Darmkanals bei Kindern.* Deutsche medizin. Wochenschr., Bd. VI, 32, 1880.
7. Bloch, A. *Des variations de longueur de l'intestin.* Bul. Soc. anthropologie, T. V, 1904.
8. Brandes, G. *Ueber den vermeintlichen Einfluss veränderter Ernährung auf die Structur des Vogelmagens.* Biolog. Centralbl. Bd. XVI. n° 23, 1896.
9. Bujard, E. *Sur les villosités intestinales.* Bibliographie anatomique. Fascicule 4, T. XIV, 1905.
10. Crampe, H. *Vergleichende Untersuchungen über das Variieren in der Darmlänge und in der Grösse der Darmschleimhautfläche bei Tieren einer Art.* Arch. für Anat. u. Physiol. (Reichert), 1872, p. 569.
11. Custor. *Ueber die relative Grösse des Darmkanals und des hauptsächlichsten Körpersystems beim Menschen und Wirbeltieren.* Arch. für Anat. u. Physiol., 1873, p. 478.
12. Cuvier. *Leçons d'anatomie comparée.* 2e édition. T. IV, 2e partie. Paris, 1835.
13. Dreike. *Ein Beitrag zur Kenntnis der Länge des menschlichen Darmkanals.* Inaug. Dissertation, Dorpat. 1891.

14. Frappaz, F. *Rapports entre le volume du foie et la longueur de l'intestin.* Thèse de médecine, Lyon, 1895.

15. Henning. *Ueber die vergleichende Messung der Darmlänge.* Centralbl. für medicin. Wissensch., 1881, n° 24.

16. Houssay, F. *Variations expérimentales. Etudes sur 6 générations de poules carnivores.* Arch. zool. expér., T. VI, 4e série, n° 5, 1907.

17. Landois. *Ueber ein anatomisches Unterscheidungsmerkmal zwischen Haushund und Wolf.* Morpholog. Jahrb., Bd. 9, 1. Heft, 1884.

18. Lucksch-Czernowitz. *Zur Aetiologie der Darmverschlingung.* Verhandl. deutsch. patholog. Gesellsch., 24—27 Sept. 1905.

19. Meckel, J.-F. *Traité général d'anatomie comparée.* Trad. de l'allemand par Alph. Sanson et Th. Schuster, T. VIII, Paris, 1838.

20. Meckel, A. *Ueber die Villosa des Menschen und einiger Tiere.* Meckels Deutsch. Arch. für Physiol., Bd. 5, 2. Heft, 1819.

21. Milne Edwards. *Leçons sur la Physiologie.* T. VI, 1860.

22. Mühlmann. *Ueber das Gewicht und die Länge des menschlichen Darms im verschiedenen Alter.* Anatom. Anz., T. 18, n° 8, 1900.

23. Id. *Das Wachstum und das Alter.* Biolog. Centralbl., Bd. XXI, n° 24, Déc. 1901.

24. Noé, J. *Notes sur la question de l'alimentation. Influence prépondérante de la taille sur la longueur de l'intestin.* C. R. Soc. Biologie, T. 54, 20 Décembre 1902 et T. 55, 21 Février 1903.

25. Robinson, B. *Sur la longueur de l'intestin grêle.* Medical Record, 12 Août 1905 (d'après Analyses d'ouvrages de la Presse Médicale, 14 Oct. 1905).

26. Rolssenn. *Ein Beitrag zur Kenntnis der Längenmasse des deutschen Darms.* Inaug. Dissertation med., Dorpat, 1890.

27. Roudkoff, M. *L'influence de la nourriture sur la grandeur et la forme de l'appareil digestif ainsi que sur la croissance des animaux d'une même espèce* (en russe). St-Pétersbourg, 1882.

28. Schepelmann, E. *Auf die gestaltende Wirkung versch. Ernährung auf die Organe der Gans.* Arch. für Entw.-Mech., Bd. 21, 3. H. et Bd. 23, 2. H., 1907.

29. Tarenetzky. *Beiträge zur Anatomie des Darmkanals.* Mém. acad. Sc. St-Pétersbourg. T. 28, Série 7, 1881.

30. Weiss, G. *L'adaptation fonctionnelle des organes de la digestion.* C. R. Soc. Biologie, T. VIII, 1901.

31. WERNER, F. *Die relative Darmlänge bei Insekten.* Biolog. Centralbl., Bd. XIV, n° 3, 1894.

32. YUNG, E. *De l'influence du régime alimentaire sur la longueur de l'int. chez les larves de rana esculenta.* C. R. Acad. Sc., Paris, 7 Nov. 1904.

33. Id. *De l'influence du régime alimentaire sur la longueur de l'int. chez les larves de rana esculenta.* C. R. 6e Congrès int. de zoologie, Berne, 1904.

34. Id. *Des variations de la longueur de l'intestin chez rana fusca et rana esculenta.* Bulletin scientifique suisse, Ire année, n° 1, Juillet 1907, Zürich.

35. Id. *Des variations de la longueur de l'intestin chez la Grenouille.* C. R. Acad. Sc., Paris, T. 145, n° 25, p. 1306, 16 Déc. 1907.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

Introduction 241
Historique 242

I. Morphologie de l'intestin, ses relations avec le corps
Méthodes de mensuration 242
II. Influence du régime alimentaire 247
III. Influence de l'âge et de la taille 255
IV. Influence de l'espèce 258
V. Influence du sexe 260
VI. Résumé. 261

Recherches personnelles 262

I. Choix du matériel — méthode de mesures et plan des expériences 262
II. Le Rat normal . . . . . 264.

A. Adulte : morphologie de l'intestin — villosités — variations selon le sexe, la provenance, etc. 264

B. Influence de l'âge — accroissement de l'intestin — transformation des villosités 270

III. Influence du régime 279

A. Régime végétarien 279
B. Régime carné. 285
C. Régime lacté 292

IV. Considérations générales. 298

Conclusions 314

Index bibliographique 317